

## 明 細 書

### 画像表示装置、画像表示用パネルの製造方法及び画像表示用パネル 技術分野

[0001] 本発明は、静電気を利用した粒子あるいは粉流体からなる画像表示媒体の移動に伴い繰り返し画像表示、画像消去できる画像表示用パネルを備える画像表示装置、画像表示用パネルの製造方法及び画像表示用パネルに関するものである。

### 背景技術

[0002] 従来より、液晶(LCD)に代わる画像表示装置として、電気泳動方式、エレクトロクロミック方式、サーマル方式、2色粒子回転方式等の技術を用いた画像表示装置が提案されている。

[0003] これら従来技術は、LCDと比較すると、通常の印刷物に近い広い視野角が得られる、消費電力が小さい、メモリー機能を有している等のメリットがあることから、次世代の安価な画像表示装置に使用可能な技術として考えられており、携帯端末用画像表示、電子ペーパー等への展開が期待されている。特に最近では、分散粒子と着色溶液から成る分散液をマイクロカプセル化し、これを対向する基板間に配置して成る電気泳動方式が提案され、期待が寄せられている。

[0004] しかしながら、電気泳動方式では、液中を粒子が泳動するために液の粘性抵抗により応答速度が遅くなるという問題がある。さらに、低比重の溶液中に酸化チタン等の高比重の粒子を分散させているため沈降しやすくなっており、分散状態の安定性維持が難しく、画像繰り返し安定性に欠けるという問題を抱えている。また、マイクロカプセル化にしても、セルサイズをマイクロカプセルレベルにして、見かけ上、上述した欠点が現れにくくしているだけであって、本質的な問題は何ら解決されていない。

[0005] 一方、溶液中での挙動を利用する電気泳動方式に対し、溶液を使わず、導電性粒子と電荷輸送層とを基板の一部に組み入れる方式も提案され始めている(例えば、趙 国来、外3名、“新しいトナーディスプレイデバイス(I)”, 1999年7月21日、日本画像学会年次大会(通算83回)“Japan Hardcopy’99”論文集、p.249-252)。しかし、電荷輸送層、さらには電荷発生層を配置するために構造が複雑化するとともに、導

電性粒子に電荷を一定に注入することは難しいため、安定性に欠けるという問題もある。

[0006] 上述した種々の問題を解決するための一方法として、前面基板及び背面基板の間に、隔壁により互いに隔離されたセルを形成し、セル内に粒子群あるいは粉流体からなる画像表示媒体を封入し、画像表示媒体に電界を与え、クーロン力等により画像表示媒体を移動させて画像を表示する画像表示用パネルを備える画像表示装置が知られている。

[0007] さらに、上述した従来の画像表示装置に備えられる画像表示用パネルでは、通常、画像を表示するための画素位置と隔壁により形成されたセルとを1対1に対応させて画像表示用パネルを構成している。しかしながら、画素位置とセルとを1対1に対応させた例では、寸法精度が良くない基板(特に樹脂基板に多く見られる)を用いた場合、上下基板を重ねたときに画素位置とセルとがずれてしまう問題があった。また、画像表示用パネルにおいて高精細化を狙った場合、パネルの表示面における隔壁断面積の占める割合が高くなり、開口率が低くなってしまう問題もあった。さらに、画素に対しセルが大きいと、セル内で画像表示媒体の移動が発生し、表示品位が低下する問題もあった(第1発明の課題)。

[0008] また、上述した技術のうち、隔壁全体を画像表示媒体のいずれか一方の色にした場合、特に、黒色のように濃い色目の色で隔壁全体を形成する場合には、黒色のように濃い色目の顔料や染料をレジストに配合すると、隔壁を形成するために用いるレジストの光透過性が悪化する問題があった。このようにレジストの光透過性が悪化すると、マスクを介して光を露光する際露光により硬化させて隔壁を構成すべき部分に均一に光があたらず、特に高い隔壁を形成するにあたって、パターン通りに隔壁を形成できない現像不良を起こす可能性が高くなる問題があった(第2発明の課題)。

[0009] 上述した構成の画像表示装置は、乾式で応答速度が速く、単純な構造を有しているため将来有望ではあるが、さらに、製造が簡単で基板と隔壁との接着の信頼性を高めるとともに、表示面積を大きくし高開口率を達成したいという要望が近年高くなっている(第3発明の課題)。

発明の開示

[0010] 本発明の第1発明の目的は上述した問題点を解消して、開口率を高くすることで高精細化を達成することのできる画像表示用パネルを備える画像表示装置を提供しようとするものである。

また、本発明の第1発明の他の目的は上述した問題点を解消して、表示品位が良好な画像表示用パネルを備える画像表示装置を提供しようとするものである。

[0011] 本発明の第1発明の第1実施例に係る画像表示装置は、少なくとも一方が透明である2枚の対向する基板間に、隔壁により互いに隔離されたセルを形成し、セル内に画像表示媒体を封入し、画像表示媒体に電界を与え、画像表示媒体を移動させて画像を表示する画像表示用パネルを備える画像表示装置において、複数のセルを、画像を表示するための画素の位置と1対1に対応しないように構成したことを特徴とするものである。

[0012] 本発明の第1発明の第2実施例に係る画像表示装置は、少なくとも一方が透明である2枚の対向する基板間に、隔壁により互いに隔離されたセルを形成し、セル内に画像表示媒体を封入し、画像表示媒体に電界を与え、画像表示媒体を移動させて画像を表示する画像表示用パネルを備える画像表示装置において、セルの面積／画素の面積の比が4よりも小さくなるよう構成したことを特徴とするものである。

[0013] また、本発明の第1発明の画像表示装置の好適例としては、隔壁によって形成されるセルの形状が、四角形状、三角形状、六角形状、円形状、楕円形状のいずれかであること、隔壁によって形成されるセルの配置構成がハニカム構造または格子構造を有すること、隔壁によって形成されるセルの形状が六角形状で、該セルの配置構成がハニカム構造を有すること、および、画像表示媒体が粒子群または粉流体であること、がある。

[0014] 本発明の第1発明の第1実施例に係る画像表示装置では、複数のセルを、画像を表示するための画素の位置と1対1に対応しないように構成したことで、上下基板を重ねたときでも画素の位置とセルとがずれることを気にすることがなくなる。また、画像表示用パネルの表示面における隔壁断面積が占める割合を低くすることができ、開口率を高くすることで高精細化を達成することができる。

[0015] また、本発明の第1発明の第2実施例に係る画像表示装置では、セルの面積／画

素の面積の比が4よりも小さくなるよう構成したことで、表示品位を向上させることができる。

- [0016] 本発明の第2発明の目的は上述した課題を解消して、単純な構造で、安価かつ、安定性に優れる画像表示用パネルにおいて、さらに、現像不良を起こすことなくパターン通りの隔壁を形成することができる画像表示用パネルの製造方法及び画像表示用パネルを提供しようとするものである。
- [0017] 本発明の第2発明に係る画像表示用パネルの製造方法は、少なくとも一方が透明である2枚の対向する基板間に、隔壁により互いに隔離されたセルを形成し、セル内に気体、液体、固体、粒子群または粉流体などの画像表示媒体を封入する構造を有する画像表示用パネルの製造方法において、一方の基板上に感光性着色組成物からなる第1層を製膜し、その上に、第1層より光透過性が高いとともに厚みの厚い感光性組成物からなる第2層を製膜し、基板上の第1層および第2層に対しマスクを介して露光した後、現像・洗浄することにより基板上に着色隔壁を作製し、着色隔壁に他方の基板を接合することを特徴とするものである。
- [0018] また、本発明の第2発明の画像表示用パネルの製造方法の好適例としては、第1層の感光性着色組成物における可視光(380nm〜780nm)の波長域の透過率が20%以下であり、第2層の感光性組成物における300nm〜450nmの波長域の透過率が20%以上であること、第2層を、フィルム状に形成された感光性組成物として第1層上に積層して得ること、および、第1層の色が黒色であること、がある。
- [0019] さらに、本発明の第2発明に係る画像表示用パネルは、上述した画像表示用パネルの製造方法に従って作製したことを特徴とするものである。特に、画像表示媒体として粒子群または粉流体を利用した画像表示用パネルに特徴がある。
- [0020] 本発明の第2発明に係る画像表示用パネルの製造方法では、一方の基板上に感光性着色組成物からなる第1層を製膜し、その上に、第1層より光透過性が高いとともに厚みの厚い感光性組成物からなる第2層を製膜し、基板上の第1層および第2層に対しマスクを介して露光した後、現像・洗浄することにより基板上に着色隔壁を作製することで、露光時光源に近い透過率の高い第2層は通常通りパターンニングされ、その下の透過率の低い第1層は薄膜であるため光が通りやすく、同様に良好なパタ

ーニングが可能となる。その結果、現像不良を起こす事無くパターン通りの隔壁を形成することができる。

[0021] 本発明の第3発明の目的は上述した課題を解消して、乾式で応答が速く、単純な構造で、安価かつ、安定性に優れる画像表示装置において、さらに、高開口率を付与できるとともに、基板と隔壁との接着の高信頼性を付与することのできる画像表示装置を提供しようとするものである。

[0022] 本発明の第3発明に係る画像表示装置は、少なくとも一方が透明である2枚の対向する基板間に、隔壁により互いに隔離されたセルを形成し、セル内に画像表示媒体として粒子群あるいは粉流体を封入し、画像表示媒体に電界を与え、画像表示媒体を移動させて画像を表示する画像表示用パネルを備える画像表示装置において、隔壁をフォトリソ法で作製するとともに、隔壁の形状を、背面基板側の端部幅が前面基板側の端部幅より大きいテーパ形状としたことを特徴とするものである。

[0023] また、本発明の第3発明に係る画像表示装置の好適例としては、フォトリソ法による隔壁の作製を、前面基板上に熱硬化性樹脂を含む感光性材料を塗布し、フォトリソ法を用いて隔壁に相当する部位にのみ露光し、感光性材料を硬化させ、現像して非硬化部分を取り除くことにより行い、前面基板上に、背面基板側の端部幅が前面基板側の端部幅より大きい逆テーパ形状の隔壁を形成することがある。

[0024] さらに、本発明の第3発明に係る画像表示装置の好適例としては、逆テーパ形状の隔壁をフォトリソ法により形成するにあたり、フォトリソ法と感光性材料との間にギャップを設けるプロキシミティ露光により、光を故意に拡散し、逆テーパ形状を付与すること、または、露光を低露光量で実施することにより、表層のみの硬化剤を反応させ、逆テーパ形状を付与すること、背面基板側の端部幅 $w_2$ と前面基板側の端部幅 $w_1$ との比 $w_1/w_2$ が0.5以下であること、粒子の平均粒子径が $0.1\sim 50\mu\text{m}$ であること、及び、粒子あるいは粉流体の色が白色及び黒色であること、がある。

[0025] さらにまた、本発明の第3発明に係る画像表示装置の好適例としては、対向する基板間に位置する隔壁が、片リブ構造であること、隔壁材料が無機粉体を含み、かつ、無機粉体の下記式で表される粒子径分布Spanが8以下であること、 $\text{Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$ 、(但し、 $d(0.5)$ は粒子の50%がこれより大きく、50%がこれより小さいと

いう粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.1)$ はこれ以下の粒子の比率が10%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.9)$ はこれ以下の粒子が90%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値を示す。)、無機粉体の平均粒子径 $d(0.5)$ が $0.1\sim 20\mu\text{m}$ であること、及び、対向する基板間の空隙が、 $25^{\circ}\text{C}$ における相対湿度が60%RH以下の気体で満たされていること、がある。

- [0026] 本発明の第3発明に係る画像表示装置では、前面基板上に熱硬化性樹脂を含む感光性材料を塗布し、フォトマスクを用いて隔壁に相当する部位にのみ露光し、感光性材料を硬化させ、現像して非硬化部分を取り除くことにより隔壁を形成するフォトリソ法を用いることで、簡単な方法で後述する所定の形状の隔壁を形成することができるとともに、背面基板側の端部幅を前面基板側の端部幅より大きい逆テーパ形状の隔壁を形成することで、前面基板と接する隔壁の部分を少なくでき、表示面積を大きくすることができ、さらに、背面基板と接する隔壁の部分を多くでき、基板と隔壁との接着強度を高くすることができる。

#### 図面の簡単な説明

- [0027] [図1]図1は本発明の第1発明に係る粒子を用いる画像表示装置の一例を示す図である。
- [図2]図2は本発明の第1発明に係る粒子を用いる画像表示装置の他の例を示す図である。
- [図3]図3(a)～(c)はそれぞれ本発明の第1発明の第1実施例に係る画像表示装置において画素とセルとの関係を説明するための図である。
- [図4]図4は本発明の第2発明の対象となる画像表示用パネルの一例を示す図である。
- [図5]図5は本発明の第2発明の対象となる画像表示用パネルの他の例を示す図である。
- [図6]図6は本発明の第2発明の対象となる画像表示用パネルのさらに他の例を示す図である。
- [図7]図7(a)～(d)はそれぞれ本発明の第2発明に係る画像表示用パネルの製造方法の一例における各工程を説明するための図である。

[図8]図8(a)ー(d)はそれぞれ本発明の第2発明に係る画像表示用パネルの製造方法の他の例における各工程を説明するための図である。

[図9]図9(a)ー(c)はそれぞれ本発明の第3発明に係る画像表示装置における表示用パネルの一例とその表示作動原理を示す説明図である。

[図10]図10(a)、(b)はそれぞれ本発明の第3発明に係る画像表示装置で形成する隔壁7の形状の一例を示す縦断面図である。

[図11]図11(a)ー(d)はそれぞれ本発明の第3発明におけるフォトリソ法による隔壁作製の一例を説明するための図である。

[図12]図12(a)ー(c)はそれぞれ隔壁を形成後本発明の第3発明に係る画像表示装置を作製する方法の一例を説明するための図である。

[図13]図13(a)、(b)はそれぞれ本発明の第3発明に係る画像表示装置の隔壁作製に用いるフォトリソ法の好適例を説明するための図である。

[図14]図14は図13(a)、(b)に示す好適なフォトリソ法における作用を説明するための図である。

[図15]図15は本発明の画像表示装置で用いる画像表示用パネルにおける隔壁の形状の一例を示す図である。

[図16]図16は本発明における粒子の表面電位測定をするための測定装置の説明図である。

[図17]図17は第1発明の実施例1に係る画像表示用パネルの一部を示す図である。

[図18]図18は第1発明の実施例2に係る画像表示用パネルの一部を示す図である。

[図19]図19は第1発明の実施例3に係る画像表示用パネルの一部を示す図である。

[図20]図20は第1発明の比較例1に係る画像表示用パネルの一部を示す図である。

[図21]図21(a)、(b)はそれぞれ本発明の第3発明に係る画像表示装置における画素の面積とセルの面積とを説明するための図である。

[図22]図22は第3発明の実施例における隔壁の形状を説明するための図である。

発明を実施するための最良の形態

[0028] まず、本発明の対象となる画像表示装置が備える画像表示用パネルの基本的な構成について説明する。本発明で用いる画像表示用パネルでは、対向する2枚の基板

間に封入した画像表示媒体に電界が付与される。付与された電界方向にそって、帯電した画像表示媒体がクーロン力などによって引き寄せられ、画像表示媒体が電位の切替による電界方向の変化によって往復運動することにより、画像表示がなされる。従って、画像表示媒体が、均一に移動し、かつ、繰り返し時あるいは保存時の安定性を維持できるように、画像表示用パネルを設計する必要がある。ここで、画像表示媒体として粒子群または粉流体を用いた場合に粒子または粉流体にかかる力は、粒子同士または粉流体同士のクーロン力により引き付けあう力の他に、電極や基板との電気影像力、分子間力、液架橋力、重力などが考えられる。

以下、本発明の第1発明―第3発明を順に詳細に説明する。

[0029] <第1発明>

本発明の第1発明に係る画像表示装置で用いる画像表示用パネルの例を、図1―図2に基づき説明する。

図1に示す例では、2種以上の色の異なる画像表示媒体として粒子3(ここでは白色粒子3Wと黒色粒子3Bを示す)を、基板1、2の外部から加えられる電界に応じて、基板1、2と垂直に移動させ、黒色粒子3Bを観察者に視認させて黒色の表示を行うか、あるいは、白色粒子3Wを観察者に視認させて白色の表示を行っている。なお、図1に示す例では、基板1、2との間に例えば格子状に隔壁4を設け表示セルを画成している。

図2に示す例では、2種以上の色の異なる画像表示媒体として粒子3(ここでは白色粒子3Wと黒色粒子3Bを示す)を、基板1に設けた電極5と基板2に設けた電極6との間に電圧を印加することにより発生する電界に応じて、基板1、2と垂直に移動させ、黒色粒子3Bを観察者に視認させて黒色の表示を行うか、あるいは、白色粒子3Wを観察者に視認させて白色の表示を行っている。なお、図2に示す例では、基板1、2との間に例えば格子状に隔壁4を設け表示セルを画成している。

以上の説明は、画像表示媒体として白色粒子3Wを白色粉流体に、黒色粒子3Bを黒色粉流体に、それぞれ置き換えた場合も同様に適用することが出来る。

[0030] <第1発明の第1実施例>

本発明の第1発明の第1実施例に係る画像表示装置の特徴は、複数のセル11を、



画像を表示するための画素の位置と1対1に対応しないように構成した点である。以下、この特徴をさらに詳細に説明する。

- [0031] 図3(a)ー(c)はそれぞれ本発明の第1発明の第1実施例に係る画像表示装置において画素とセルとの関係を説明するための図である。まず、図3(a)に示すように、基板1、2のいずれか一方の基板に対し、縦方向にストライプ状の電極12を複数本平行に設け電極5、6の一方の電極を形成し、他方の基板に対し、横方向にストライプ状の電極13を複数本平行に設け他方の電極を形成したものとする。この場合は、電極12と電極13との重なり合う部分の1つ1つが1画素14を形成する。
- [0032] 以上の前提のもとに、図3(b)に示すように、電極12と電極13との間で重複しない部分の全ての部分に隔壁4を設けた例が、画素14の位置とセル11とが1対1の関係である場合を示す。一方、図3(c)に示すように、電極12と電極13との間で重複しない部分のうち、縦方向も横方向も1つおきに隔壁4を設けた例が、画素14の位置とセル11とが4対1の関係である場合を示す。
- [0033] 本発明の画像表示装置では、図3(a)に示すような画素14の位置とセル11とが1対1の関係にならないことを特徴とし、その一例が、図3(c)に示すような画素14の位置とセル11とが4対1の関係となる。図3(c)に示すように、画素14の位置とセル11とが1対1の関係にない場合は、隔壁の存在する面積を少なくでき、その分、画像表示用パネルとしての開口率を高くすることができる。なお、隔壁4の形状については特に限定しないが、隔壁4によって形成されるセル11の形状が、四角形状、三角形状、六角形状、円形状、楕円形状のいずれかであることが好ましく、隔壁4によって形成されるセル11の配置構成がハニカム構造を有することが好ましく、六角形状ハニカム構造を有することが更に好ましい。
- [0034] <第1発明の第2実施例>
- 本発明の第1発明の第2実施例に係る画像表示装置の特徴は、1つのセル11が構成する画素の数が大きくなりすぎると、マトリックス表示の際にセル11内で画像表示媒体の移動が起きることから、セルの面積／画素の面積の比が4よりも小さくなるよう、セル11と画素との関係を規定した点である。
- [0035] すなわち、図3(c)に示すように、1つのセル11が最大でも4つの画素14を構成す

るようにして、セル11の面積／画素14の面積の比を4よりも小さくしている。これにより、文字のエッジをシャープに表示することができ、表示品位を向上させることができる。なお、第1実施例と同様、隔壁4の形状については特に限定しないが、隔壁4によって形成されるセル11の形状が、四角形状、三角形状、六角形状、円形状、楕円形状のいずれかであることが好ましく、隔壁4によって形成されるセル11の配置構成がハニカム構造を有することが好ましく、六角形状ハニカム構造を有することが更に好ましい。

[0036] <第2発明>

次に、第2発明に係る画像表示用パネルの基本的な構成における画像表示動作について説明する。なお、ここでは画像表示媒体として粒子群を用いた例を説明するが、気体、液体、固体、粉流体などの他の画像表示媒体においても、基本的な構成は同じである。

[0037] 本発明の第2発明に係る画像表示装置で用いる画像表示用パネルのうち粒子群を用いた例を、図4～図6に基づき説明する。図4に示す例では、2種以上の色の異なる画像表示媒体3(ここでは白色粒子3Wと黒色粒子3Bを示す)を、基板1、2の外部から加えられる電界に応じて、基板1、2と垂直に移動させ、黒色粒子3Bを観察者に視認させて黒色の表示を行うか、あるいは、白色粒子3Wを観察者に視認させて白色の表示を行っている。また、基板1、2との間に例えば格子状に隔壁4を設け表示セルを画成している。図5に示す例では、2種以上の色の異なる画像表示媒体3(ここでは白色粒子3Wと黒色粒子3Bを示す)を、基板1に設けた電極5と基板2に設けた電極6との間に電圧を印加することにより発生する電界に応じて、基板1、2と垂直に移動させ、黒色粒子3Bを観察者に視認させて黒色の表示を行うか、あるいは、白色粒子3Wを観察者に視認させて白色の表示を行っている。また、基板1、2との間に例えば格子状に隔壁4を設け表示セルを画成している。図6に示す例では、1種の色 of 画像表示媒体3(ここでは白色粒子3W)を、基板1上に設けた電極5と電極6との間に電圧を印加させることにより発生する電界に応じて、基板1、2と平行方向に移動させ、白色粒子3Wを観察者に視認させて白色表示を行うか、あるいは、電極6または基板1の色を観察者に視認させて電極6または基板1の色の表示を行っている。また

、基板1、2との間に例えば格子状に隔壁4を設け表示セルを画成している。以上の説明は、白色粒子3Wを白色粉流体に、黒色粒子3Bを黒色粉流体に、それぞれ置き換えた場合も同様に適用することが出来る。

- [0038] 本発明の第2発明に係る画像表示用パネルの製造方法における特徴は、着色隔壁の製造方法を改良し、現像不良を起こす事無くパターン通りの隔壁を形成することができる点にある。具体的には、一方の基板上に感光性着色組成物からなる第1層を製膜し、その上に、第1層より光透過性が高いとともに厚みの厚い感光性組成物からなる第2層を製膜し、基板上の第1層および第2層に対しマスクを介して露光した後、現像・洗浄することにより基板上に着色隔壁を作製すること、更に具体的には、第1層の感光性着色組成物における可視光(380nm〜780nm)の波長域の透過率を20%以下とし、第2層の感光性組成物における300nm〜450nmの波長域の透過率を20%以上とすることにある。ここで、第1層の感光性着色組成物における可視光(380nm〜780nm)の波長域の透過率を20%以下とするのは、20%を超えると色目を確認できず、視認性向上効果が小さくなるためである。また、第2層の感光性組成物における300nm〜450nmの波長域の透過率を20%以上とするのは、20%未満であると光が透過しにくいため、厚膜(高さが高い)の隔壁を形成しにくくなるためである。また、感光性着色組成物および感光性組成物としては、アクリル系、エポキシ系、ポリイミド系材料があるが、現像製膜できればどのような感光性材料であっても適用可能である。

以下、本発明の第2発明に係る画像表示用パネルの製造方法を説明する。

- [0039] 図7(a)〜(d)はそれぞれ本発明の第2発明に係る画像表示用パネルの製造方法の一例における各工程を説明するための図である。図7(a)〜(d)に従って本発明の第2発明に係る画像表示用パネルの製造方法を説明すると、まず、図7(a)に示すように、例えば黒色感光性レジストを、スピコートにて背面基板1としてのITOガラス基板21上に製膜し、ITOガラス基板21上に厚さ1 $\mu$ mの薄膜22(第1層)を形成する。薄膜22の厚さは、0.1〜10 $\mu$ mの範囲が好ましい。形成する膜の厚さに応じて、適宜レジスト中の黒色物質の重量濃度を調整し、形成された製膜の可視光(380nm〜780nm)の波長域の透過率が20%以下となるようにする。

- [0040] 次に、薄膜22に対し、例えば100℃×2分の条件でプレキュアを行い、溶剤を揮発させ、ラミネートに耐え得る硬い膜(反応はしていない)を得る。次に、図7(b)に示すように、薄膜22上に厚さ50 $\mu$ mで第1層よりも光透過性の高いドライフィルムレジストをラミネートして、厚膜23(第2層)を形成する。厚膜23を形成するドライフィルムレジストとしては、一例として、アルフォNIT2(ニチゴーモートン社製)やPDF300(新日鐵化学社製)を使用することができる。また、厚膜23の厚さは、10〜200 $\mu$ mの範囲が好ましい。
- [0041] 次に、図7(c)に示すように、厚膜23上に、隔壁を形成すべき部分に開口を有するマスク24をセットした後、マスク24を介してUV露光を行い、隔壁を形成すべき部分の厚膜23及び薄膜22のみを硬化させる。その後、マスク24を除去した後、現像・洗浄することで、図7(d)に示すように、ITOガラス基板21上に透過率の低い例えば黒色の薄膜22と透過率の高い例えば透明または半透明の厚膜23とからなる着色隔壁25を形成する。最後に、前面基板2を着色隔壁25上に接着剤等を用いて接合することで、本発明の画像表示用パネルを得ることができる。
- [0042] なお、上述した実施例では、背面基板1を構成するITOガラス基板21上に着色隔壁25を形成したが、前面基板2を構成するITOガラス基板上に着色隔壁25を形成することもできる。
- [0043] 図8(a)〜(d)はそれぞれ本発明の第2発明に係る画像表示用パネルの製造方法の他の例における各工程を説明するための図である。図8(a)〜(d)に従って本発明の第2発明に係る画像表示用パネルの製造方法を説明すると、まず、図8(a)に示すように、PET等の基材31上に厚みの厚い光透過性の高い層32と層32よりも厚みが薄いととも光透過性の低い層33を塗工し、2層ドライフィルムレジスト34を得る。ここでは、層32と層33とを別々に形成したが、貼り合わせて形成することもできる。
- [0044] 次に、図8(b)に示すように、ガラス基板35上に得られた2層ドライフィルムレジスト34を層33がガラス基板35と対向する状態でラミネートする。次に、図8(c)に示すように、基材31上に、隔壁を形成すべき部分に開口を有するマスク36をセットした後、マスク36を介してUV露光を行い、隔壁を形成すべき部分の層33と層32のみ硬化させる。その後、マスク36と基材31を除去した後、現像・洗浄することで、図8(d)に示す

ように、ガラス基板35上に層33と層32からなる着色隔壁37を形成する。最後に、対向する基板を着色隔壁37上に接着剤等を用いて接合することで、本発明の画像表示用パネルを得ることができる。層33を黒色層に、層32を透明層にすることが好ましく用いられる。

[0045] 以下、隔壁を形成するレジスト材料について説明する。

隔壁用レジスト材料は、光硬化性樹脂を主成分とし、場合によって熱硬化性樹脂、無機粉体、溶剤、添加剤等を含むことがある。光硬化性樹脂としてはアクリル系樹脂が好適に用いられるが、紫外線等の光によって硬化するものであればよい。無機粉体とは、セラミック粉体やガラス粉体であり、1種あるいは2種以上を組み合わせで使用することができる。

セラミック粉体を例示すると、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ などの酸化物系セラミック、 $\text{SiC}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{Si}_3\text{O}_4$ などの非酸化物系セラミックが挙げられる。

ガラス粉体を例示すると、原料となる $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO}$ を熔融、冷却、粉碎したものが挙げられる。なお、ガラス粉体のガラス転移点 $T_g$ は、 $300\sim 500^\circ\text{C}$ にあることが好ましく、この範囲では焼成プロセスでの低温化が図られるので、樹脂へのダメージが少ないメリットがある。

[0046] ここで、下記式で示される無機粉体の粒子径分布Spanを8以下、好ましくは5以下とすることが好ましい。

$$\text{Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$$

(但し、 $d(0.5)$ は粒子の50%がこれより大きく、50%がこれより小さいという粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.1)$ はこれ以下の粒子の比率が10%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.9)$ はこれ以下の粒子が90%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値である。)

Spanを8以下の範囲とすることにより、材料中の無機粉体のサイズが揃い、先に述べた材料を積層・硬化するプロセスを繰り返しても、精度良い隔壁形成を行うことができる。

[0047] また、材料中の無機粉体の平均粒子径 $d(0.5)$ を、 $0.1\sim 20\mu\text{m}$ 、好ましくは $0.3\sim 10\mu\text{m}$ とすることが好ましい。このような範囲にすることにより、同様に、繰り返し積層時に精度良い隔壁形成を行うことができる。

なお、上記の粒子径分布及び粒子径は、レーザー回折／散乱法などから求めることができる。測定対象となる粒子にレーザー光を照射すると空間的に回折／散乱光の光強度分布パターンが生じ、この光強度パターンは粒子径と対応関係があることから、粒子径及び粒子径分布が測定できる。

本発明における粒子径及び粒子径分布は、体積基準分布から得られたものである。具体的には、Mastersizer2000(Malvern Instruments Ltd.)測定機を用いて、窒素気流中に粒子を投入し、付属の解析ソフト(Mie理論を用いた体積基準分布を基本としたソフト)にて、粒子径及び粒子径分布の測定を行なうことができる。

[0048] 隔壁用レジスト材料の主成分である光硬化性樹脂に熱硬化性樹脂を含有させる場合に用いる熱硬化性樹脂は、所定の隔壁形状を形成できればいずれでも良く、要求される隔壁物性を考慮し、分子量が大きく、ガラス転移点ができるだけ高い方が良い。例示すると、アクリル系、スチレン系、エポキシ系、ポリイミド系、フェノール系、ウレタン系、ポリエステル系、尿素系などが挙げられ、特に、アクリル系、エポキシ系、ポリイミド系、ウレタン系、ポリエステル系が好適である。

[0049] 隔壁用レジスト材料に添加される溶剤は、レジスト材料に用いる樹脂を相溶すればいずれでも良いが、例示すると、フタル酸エステル、トルエン、キシレン、ベンゼンなどの芳香族溶剤、オキシアルコール、ヘキサノール、オクタノールなどのアルコール系溶剤、酢酸エステルなどのエステル系溶剤が挙げられる。

該隔壁用レジスト材料には、その他、必要に応じて、染料、重合禁止剤、可塑剤、増粘剤、分散剤、酸化防止剤、硬化剤、硬化促進剤、沈降防止剤を加えても良い。

[0050] <第3発明>

まず、本発明の第3発明に係る画像表示装置の基本的な構成について説明する。図9(a)～(c)はそれぞれ本発明の画像表示装置における表示用パネルの一例とその表示作動原理を示す説明図である。図9(a)は本発明の画像表示装置において、対向する前面基板41(透明であることが好ましい)と背面基板42(透明でも透明でなくても良い)との間に負帯電性粒子45及び正帯電性粒子46を配置した状態を示す。この状態のものに、表示電極43側が低電位、対向電極44側に高電位となるように電圧を付加すると、図9(b)に示すようにクーロン力によって、正帯電性粒子46は表示

電極43側に移動し、負帯電性粒子45は対向電極44側に移動する。この場合、前面基板41側から見る表示面は正帯電性粒子46の色に見える。次に電源の電位を切り替えて、表示電極43側が高電位、対向電極44が低電位となるように電圧を付加すると、図9(c)に示すようにクーロン力によって、負帯電性粒子45は表示電極43に移動し、正帯電性粒子46は対向電極44の側に移動する。この場合、前面基板41側から見る表示面は負帯電性粒子45の色に見える。なお、47は隔壁、48は絶縁体である。

[0051] 図9(b)および図9(c)の間は電源の電位を反転させるだけで繰り返し表示することができ、このように電源の電位を反転させることで可逆的に色を変化させることができる。粒子の色は、随意に選定できる。例えば、負帯電性粒子45を白色とし、正帯電性粒子46を黒色とするか、負帯電性粒子45を黒色とし、正帯電性粒子46を白色とすると、表示は白色および黒色間の可逆表示となる。この方式では、一旦表示を行うと、各粒子は鏡像力により電極に付着した状態になるので、電圧印加を中止した後も表示画像は長期に保持されることになり、メモリー保持性が良い。なお、上述した説明では、負帯電性粒子5及び正帯電性粒子6からなる粒子群を例にとって説明したが、負帯電性粉流体及び正帯電性粉流体からなる粉流体についても全く同じである。

[0052] 本発明の第3発明に係る画像表示装置の特徴は、隔壁47をフォトリソ法で作製するとともに、隔壁47の形状を、背面基板側の端部幅が前面基板側の端部幅より大きいテーパ形状とした点にある。

[0053] まず、テーパ形状の隔壁47について説明する。前面基板41と背面基板42との間に設けた隔壁47により、各セルを形成し、その際、隔壁47の形状を、背面基板42側の端部幅 $w_2$ が透明電極41側の端部幅 $w_1$ より大きく構成する。図10(a)、(b)はそれぞれ本発明の第3発明に係る画像表示装置で形成する隔壁47の形状の一例を示す縦断面図である。通常は、図10(a)に示すように、背面基板42側の端部幅 $w_2$ が前面基板41側の端部幅 $w_1$ より大きい断面台形形状、より好ましくは、端部幅 $w_1$ と端部幅 $w_2$ との比 $w_1/w_2$ を0.5以下となる断面台形形状とする。しかし、図10(b)に示すように、端部幅 $w_1$ がほとんど0で断面がほぼ三角形状のものも利用することが

できる。この比が0に近くなると端部幅 $w_1$ も0に近づくこととなり、その場合は、表示面積拡大の効果をより高めることができるが、あまり極端だと前面基板41と隔壁47との接合が不十分になる場合があるため、その接合の程度を考慮して端部幅 $w_1$ を決める必要がある。

[0054] このように隔壁47の形状を最適化することで、隔壁47の断面が長方形で、前面基板41側の隔壁47の端部幅 $w_1$ と背面基板42側の隔壁の端部幅 $w_2$ とが同じ幅の従来例の場合と比較して、前面基板1側の隔壁47の端部幅 $w_1$ を小さくできるため、前面基板41の開口率を大きくでき、表示面積を大きくすることができるとともに、背面基板42側の隔壁47の端部幅 $w_2$ を大きくできるため、背面基板42と隔壁47との接着面積を大きくできるため、背面基板42と隔壁47との接着強度を高くすることができる。また、粒子を、背面基板42上において隔壁47で囲まれたセルの空間内に充填するとき、前記従来例の場合と比較して、空間の開口率を大きくすることができる。

[0055] 次に、上記テーパ形状の隔壁47をフォトリソ法で形成する方法について説明する。図11(a)～(d)は、それぞれ本発明の第3発明におけるフォトリソ法による隔壁作製の一例を説明するための図である。まず、感光性材料を作製する。次に、前面基板41上に作製した感光性材料51をレジスト膜として塗布する(図11(a)参照)。この感光性材料51の塗布は、必要に応じて、予め透明な電極パターンを形成した前面基板41に対して行うこともできる。次に、積層した感光性材料51からなるレジスト膜上にフォトマスク52を設置する(図11(b)参照)。フォトマスク52には、感光性材料51のうち隔壁47を形成すべき部位にのみ光を照射可能なように開口53が設けられている。次に、この状態で上方から光を照射して、隔壁47に相当する部位にのみ露光し、感光性材料51の隔壁47に相当する部位を硬化させる(図11(c)参照)。この際、必要に応じて、所望の隔壁高さになるまで、上記工程を繰り返す。次に、現像して、感光性材料51の非硬化部分を取り除くことで、隔壁47を作製する(図11(d)参照)。この際、必要に応じて、隔壁47となる感光性材料51の硬化部分を焼成することもできる。

[0056] 図12(a)～(c)は、それぞれ隔壁を形成後本発明の第3発明に係る画像表示装置を作製する方法の一例を説明するための図である。すなわち、上述したようにして前面基板41上に形成した隔壁47間のセル55内に(図12(a)参照)、所定の画像表示



媒体(ここでは互いに帯電特性の異なる白色粒子群56Wと黒色粒子群56B)を封入し(図12(b)参照)、背面基板42を隔壁47と接着することで(図12(c)参照)、本発明の画像表示装置に用いる画像表示用パネルを得ることができる。本発明の画像表示装置によれば、前面基板41と隔壁47の接合部分を少なく、かつ、接合強度を確保しつつ、表示面の開口率を向上させることができると同時に、背面基板42と隔壁47との接着面積を大きくでき、接着面積を確保することにより背面基板と隔壁との接着信頼性を向上させることができる。

[0057] 本発明の第3発明に係る画像表示装置では、上記フォトリソ法を用いて、背面基板側の端部幅が前面基板側の端部幅より大きいテーパ形状とした隔壁47を作製する必要がある。フォトリソ法を用いる際、上述した一般的なフォトリソ法をフォトマスク52の開口53の大きさを徐々に大きくして繰り返し行うことで、前面基板41上に逆テーパ形状の隔壁47を作製することも可能であるが、若干工程が多くなる。そのため、以下のようなフォトリソ法を利用することが好適である。

[0058] 図13(a)、(b)はそれぞれ本発明の第3発明に係る画像表示装置の隔壁作製に用いるフォトリソ法の好適例を説明するための図である。まず、図13(a)に示す例では、逆テーパ形状の隔壁47をフォトリソ法により作製するにあたり、フォトマスク52と感光性材料51との間にギャップgを設けるプロキシミティ露光により、光を故意に拡散させて、隔壁47に逆テーパ形状を付与している。この例では、フォトマスク52と感光性材料51との間のギャップgを故意に広く開け、光を散乱させているため、中央部の露光量を多くすることができる。次に、図13(b)に示す例では、逆テーパ形状の隔壁47をフォトリソ法により作製するにあたり、露光を低露光量で実施することにより、表層のみの硬化剤を反応させ、逆テーパ形状を付与している。この例では、表層部を中心に硬化剤すなわち光開始剤の酸またはラジカルを発生させることができる。いずれの方法でも、図13(a)に示すように、感光性材料51のうち、最初に露光される前面基板41に遠い部分51aでの現像速度を遅くでき、一方、後に露光させる前面基板41に近い部分51bでの現像速度を速くできる。その結果、図13(b)に示すように、前面基板41上に逆テーパ形状の隔壁47を簡単に形成することができる。

[0059] 隔壁用材料は、熱硬化性樹脂を含む場合もあり、その他として無機粉体、溶剤、添

加剤等からなる。無機粉体とは、セラミック粉体やガラス粉体であり、1種あるいは2種以上を組み合わせて使用する。

セラミック粉体を例示すると、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ などの酸化物系セラミック、 $\text{SiC}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{Si}_3\text{O}_4$ などの非酸化物系セラミックが挙げられる。

ガラス粉体を例示すると、原料となる $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZnO}$ を熔融、冷却、粉碎したものが挙げられる。なお、ガラス粉体のガラス転移点 $T_g$ は、 $300\sim 500^\circ\text{C}$ にあることが好ましく、この範囲では焼成プロセスでの低温化が図られるので、樹脂へのダメージが少ないメリットがある。

[0060] ここで、下記式で示される無機粉体の粒子径分布Spanを8以下、好ましくは5以下とすることが好ましい。

$$\text{Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$$

(但し、 $d(0.5)$ は粒子の50%がこれより大きく、50%がこれより小さいという粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.1)$ はこれ以下の粒子の比率が10%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.9)$ はこれ以下の粒子が90%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値である。)

Spanを8以下の範囲とすることにより、材料中の無機粉体のサイズが揃い、先に述べた材料を積層・硬化するプロセスを繰り返しても、精度良い隔壁形成を行うことができる。

[0061] また、材料中の無機粉体の平均粒子径 $d(0.5)$ を、 $0.1\sim 20\mu\text{m}$ 、好ましくは $0.3\sim 10\mu\text{m}$ とすることが好ましい。このような範囲にすることにより、同様に、繰り返し積層時に精度良い隔壁形成を行うことができる。

なお、上記の粒子径分布及び粒子径は、レーザー回折／散乱法などから求めることができる。測定対象となる粒子にレーザー光を照射すると空間的に回折／散乱光の光強度分布パターンが生じ、この光強度パターンは粒子径と対応関係があることから、粒子径及び粒子径分布が測定できる。

本発明の第3発明における粒子径及び粒子径分布は、体積基準分布から得られたものである。具体的には、Mastersizer2000(Malvern Instruments Ltd.)測定機を用いて、窒素気流中に粒子を投入し、付属の解析ソフト(Mie理論を用いた体積基準分布を基本としたソフト)にて、粒子径及び粒子径分布の測定を行なうことができる。

- [0062] 隔壁用材料に含まれる樹脂は、前述した無機粉体を含有でき、所定の隔壁形状を形成できればいずれでも良く、熱硬化等要求される隔壁物性を考慮し、分子量が大きく、ガラス転移点ができるだけ高い方が良い。例示すると、アクリル系、スチレン系、エポキシ系、フェノール系、ウレタン系、ポリエステル系、尿素系などが挙げられ、特に、アクリル系、エポキシ系、ウレタン系、ポリエステル系が好適である。
- [0063] 隔壁用材料に添加される溶剤は、前述した無機粉体および樹脂を相溶すればいずれでも良いが、例示すると、フタル酸エステル、トルエン、キシレン、ベンゼンなどの芳香族溶剤、オキシアルコール、ヘキサノール、オクタノールなどのアルコール系溶剤、酢酸エステルなどのエステル系溶剤が挙げられ、通常、無機粉体に対して0.1～50重量部が添加される。
- 該隔壁用材料には、その他、必要に応じて、染料、重合禁止剤、可塑剤、増粘剤、分散剤、酸化防止剤、硬化剤、硬化促進剤、沈降防止剤を加えても良い。
- [0064] 以下、本発明の画像表示装置を構成する各部材について詳細に説明する。なお、以下の説明において、上述した説明と重複する部分については、各発明の上述した説明が優先される。また、符号については、図1、図2、図4、図5及び図6で説明した画像表示装置を構成する画像表示用パネルと同等とする。
- [0065] 基板については、少なくとも一方の基板は装置外側から画像表示媒体の色が確認できる透明な前面基板2であり、可視光の透過率が高くかつ耐熱性の良い材料が好適である。背面基板1は透明でも不透明でもかまわない。基板の可撓性の有無は用途により適宜選択され、例えば、電子ペーパー等の用途には可撓性のある材料、携帯電話、PDA、ノートパソコン類の携帯機器表示等の用途には可撓性のない材料が好適である。基板材料を例示すると、ポリエチレンテレフタレート、ポリエーテルサルフォン、ポリエチレン、ポリカーボネート、ポリイミド、アクリルなどのポリマーシートや、ガラス、石英などの無機シートや金属板が挙げられる。基板の厚みは、2～5000  $\mu$ mが好ましく、さらに5～2000  $\mu$ mが好適であり、薄すぎると、強度、基板間の間隔均一性を保ちにくくなり、5000  $\mu$ mより厚いと、薄型の表示板としては不都合がある。
- [0066] 電極5、6の電極形成材料としては、アルミニウム、銀、ニッケル、銅、金等の金属類やITO、酸化インジウム、導電性酸化錫、導電性酸化亜鉛等の導電金属酸化物類、

ポリアニリン、ポリピロール、ポリチオフェンなどの導電性高分子類が例示され、適宜選択して用いられる。電極の形成方法としては、上記例示の材料をスパッタリング法、真空蒸着法、CVD(化学蒸着)法、塗布法等で薄膜状に形成する方法や、導電剤を溶媒や合成樹脂バインダーに混合して塗布したりする方法が用いられる。なお、電極厚みは、導電性が確保でき光透過性に支障がなければ良く、3〜1000nm、好ましくは5〜400nmが好適である。背面基板1側に設ける電極5および前面基板2に設けない電極6の材質や厚みなどは上述した電極5と同様であるが、透明である必要はない。なお、この場合の外部電圧入力は、直流あるいは交流を重畳しても良い。

[0067] 隔壁4については、その形状は表示にかかわる画像表示媒体の種類により適宜最適設定され、一概には限定されないが、隔壁の幅は2〜100  $\mu\text{m}$ 、好ましくは3〜50  $\mu\text{m}$ に、隔壁の高さは10〜500  $\mu\text{m}$ 、好ましくは10〜200  $\mu\text{m}$ に調整される。また、隔壁を形成するにあたり、対向する両基板の各々にリブを形成した後に接合する両リブ法、片側の基板上にのみリブを形成する片リブ法が考えられる。本発明では、いずれの方法も好適に用いられる。

[0068] これらのリブからなる隔壁により形成される表示セルは、図15に示すごとく、基板平面方向からみて四角状、三角状、ライン状、円形状、六角状が例示され、配置としては格子状やハニカム状や網目状が例示される。表示側から見える隔壁断面部分に相当する部分(表示セルの枠部の面積)はできるだけ小さくした方が良く、画像表示の鮮明さが増す。ここで、隔壁の形成方法を例示すると、スクリーン印刷法、金型転写法、サンドブラスト法、フォトリソ法、アディティブ法が挙げられる。このうち、レジストフィルムを用いるフォトリソ法や金型転写法が好適に用いられる。

[0069] 上述したように、隔壁をハニカム構造に配置した場合、以下のような効果を得ることができる。まず、四角形状の表示セルが格子状に配置されるように隔壁を形成した例でピッチ(この場合は隔壁の間隔に対応)300  $\mu\text{m}$ の場合、リブ幅を狭くすると隔壁(リブ)を例えばフォトリソ法で形成する際の現像プロセスでリブが流れてしまうため、リブ幅は20  $\mu\text{m}$ が限界であった。これに対し、六角形状の表示セルをハニカム状に配置するよう隔壁を形成した例でピッチ(この場合は六角形状の表示セルの中心の間隔)300  $\mu\text{m}$ の場合、リブがハニカム構造で高い強度を有し、格子状の例に比べて

現像プロセスでも構造が維持できるため、リブ幅 $8\mu\text{m}$ が可能となる。リブのピッチとの組み合わせによってはリブ幅 $2\mu\text{m}$ まで可能となる。その結果、画像表示パネルをより高開口率にすることが可能となる。

[0070] 次に、画像表示用パネルで表示のために使用される画像表示媒体として用いる粒子群について説明する。

本発明で用いる画像表示用パネルで表示のための画像表示媒体として用いる粒子群は、負又は正帯電性の着色粒子群で、クーロン力により移動するものであればいずれでも良いが、特に、球形で比重の小さい粒子から構成される粒子群が好適である。粒子群は単一の色のものであり、白色又は黒色の粒子群が好適に用いられる。粒子群を構成する粒子の平均粒子径は $0.1\sim 50\mu\text{m}$ が好ましく、特に $1\sim 30\mu\text{m}$ が好ましい。粒子径がこの範囲より小さいと粒子の電荷密度が大きすぎて電極や基板への鏡像力が強すぎ、メモリー性はよいが、電界を反転した場合の追従性が悪くなる。反対に粒子径がこの範囲より大きいと、追従性は良いが、メモリー性が悪くなる。

[0071] 粒子は、帯電性能等が満たされれば、いずれの材料から構成されても良い。例えば、樹脂、荷電制御剤、着色剤、無機添加剤等から、あるいは、着色剤単独等で形成することができる。

樹脂の例としては、ウレタン樹脂、ウレア樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂、アクリルウレタン樹脂、アクリルウレタンシリコーン樹脂、アクリルウレタンフッ素樹脂、アクリルフッ素樹脂、シリコーン樹脂、アクリルシリコーン樹脂、エポキシ樹脂、ポリスチレン樹脂、スチレンアクリル樹脂、ポリオレフィン樹脂、ブチラール樹脂、塩化ビニリデン樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、フッ素樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリスルホン樹脂、ポリエーテル樹脂、ポリアミド樹脂等が挙げられ、2種以上混合することもできる。特に、基板との付着力を制御する観点から、アクリルウレタン樹脂、アクリルシリコーン樹脂、アクリルフッ素樹脂、アクリルウレタンシリコーン樹脂、アクリルウレタンフッ素樹脂、フッ素樹脂、シリコーン樹脂が好適である。

[0072] 荷電制御剤としては、特に制限はないが、負荷電制御剤としては例えば、サリチル酸金属錯体、含金属アゾ染料、含金属(金属イオンや金属原子を含む)の油性染料

料、4級アンモニウム塩系化合物、カリックスアレン化合物、含ホウ素化合物(ベンジル酸ホウ素錯体)、ニトロイミダゾール誘導体等が挙げられる。正荷電制御剤としては例えば、ニグロシン染料、トリフェニルメタン系化合物、4級アンモニウム塩系化合物、ポリアミン樹脂、イミダゾール誘導体等が挙げられる。その他、超微粒子シリカ、超微粒子酸化チタン、超微粒子アルミナ等の金属酸化物、ピリジン等の含窒素環状化合物及びその誘導体や塩、各種有機顔料、フッ素、塩素、窒素等を含んだ樹脂等も荷電制御剤として用いることもできる。

- [0073] 着色剤としては、以下に例示するような、有機または無機の各種、各色の顔料、染料が使用可能である。
- [0074] 黒色顔料としては、カーボンブラック、酸化銅、二酸化マンガン、アニリンブラック、活性炭等がある。黄色顔料としては、黄鉛、亜鉛黄、カドミウムイエロー、黄色酸化鉄、ミネラルファーストイエロー、ニッケルチタンイエロー、ネーブルイエロー、ナフトールイエローS、ハンザイエローG、ハンザイエロー10G、ベンジジンイエローG、ベンジジンイエローGR、キノリンイエローレーキ、パーマネントイエローNCG、タートラジンレーキ等がある。橙色顔料としては、赤色黄鉛、モリブデンオレンジ、パーマネントオレンジGTR、ピラゾロンオレンジ、バルカンオレンジ、インダスレンブリリアントオレンジR、ベンジジンオレンジG、インダスレンブリリアントオレンジGK等がある。赤色顔料としては、ベンガラ、カドミウムレッド、鉛丹、硫化水銀、カドミウム、パーマネントレッド4R、リゾールレッド、ピラゾロンレッド、ウォッチングレッド、カルシウム塩、レーキレッドD、ブリリアントカーミン6B、エオシンレーキ、ローダミンレーキB、アリザリンレーキ、ブリリアントカーミン3B等がある。
- [0075] 紫色顔料としては、マンガン紫、ファーストバイオレットB、メチルバイオレットレーキ等がある。青色顔料としては、紺青、コバルトブルー、アルカリブルーレーキ、ビクトリアブルーレーキ、フタロシアニンブルー、無金属フタロシアニンブルー、フタロシアニンブルー部分塩素化物、ファーストスカイブルー、インダスレンブルーBC等がある。緑色顔料としては、クロムグリーン、酸化クロム、ピグメントグリーンB、マラカイトグリーンレーキ、ファイナルイエローグリーンG等がある。白色顔料としては、亜鉛華、酸化チタン、アンチモン白、硫化亜鉛等がある。

- [0076] 体質顔料としては、バライト粉、炭酸バリウム、クレー、シリカ、ホワイトカーボン、タルク、アルミナホワイト等がある。また、塩基性、酸性、分散、直接染料等の各種染料として、ニグロシン、メチレンブルー、ローズベンガル、キノリンイエロー、ウルトラマリンブルー等がある。これらの着色剤は、単独或いは複数組み合わせ用いることができる。特に黒色着色剤としてカーボンブラックが、白色着色剤として酸化チタンが好ましい。
- [0077] 粒子の製造方法については特に限定されないが、例えば、電子写真のトナーを製造する場合に準じた混練り／粉碎法および重合法が使用出来る。また、無機または有機顔料の粉体の表面に樹脂や荷電制御剤等をコートする方法も用いられる。
- [0078] また、用いる粒子は平均粒子径 $d(0.5)$ が、 $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ の範囲であり、均一で揃っていることが好ましい。平均粒子径 $d(0.5)$ がこの範囲より大きいと表示上の鮮明さに欠け、この範囲より小さいと粒子同士の凝集力が大きくなりすぎるために粒子の移動に支障をきたすようになる。
- [0079] 更に、各粒子群の粒子径分布に関して、下記式に示される粒子径分布Spanを5未満、好ましくは3未満とする。
- $$\text{Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$$
- (但し、 $d(0.5)$ は粒子の50%がこれより大きく、50%がこれより小さいという粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.1)$ はこれ以下の粒子の比率が10%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.9)$ はこれ以下の粒子が90%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値である。)
- Spanを5以下の範囲に納めることにより、各粒子のサイズが揃い、均一な粒子移動が可能となる。
- [0080] さらにまた、各粒子の相関について、使用した粒子の内、最大径を有する粒子の $d(0.5)$ に対する最小径を有する粒子の $d(0.5)$ の比を50以下、好ましくは10以下とすることが肝要である。
- [0081] なお、上記の粒子径分布および粒子径は、レーザー回折／散乱法などから求めることができる。測定対象となる粒子にレーザー光を照射すると空間的に回折／散乱光の光強度分布パターンが生じ、この光強度パターンは粒子径と対応関係があることから、粒子径および粒子径分布が測定できる。

ここで、粒子径および粒子径分布は、体積基準分布から得られたものである。具体的には、Mastersizer2000(Malvern Instruments Ltd.)測定機を用いて、窒素気流中に粒子を投入し、付属の解析ソフト(Mie理論を用いた体積基準分布を基本としたソフト)にて、粒子径および粒子径分布の測定を行なうことができる。

[0082] また、ここで繰り返し耐久性を更に向上させるためには、該粒子を構成する樹脂の安定性、特に、吸水率と溶剤不溶率を管理することが効果的である。

基板間に封入する粒子を構成する樹脂の吸水率は、3重量%以下、特に2重量%以下とすることが好ましい。なお、吸水率の測定は、ASTM-D570に準じて行い、測定条件は23℃で24時間とする。

該粒子を構成する樹脂の溶剤不溶率に関しては、下記関係式で表される粒子の溶剤不溶率を50%以上、特に70%以上とすることが好ましい。

$$\text{溶剤不溶率}(\%) = (B/A) \times 100$$

(但し、Aは樹脂の溶剤浸漬前重量、Bは良溶媒中に樹脂を25℃で24時間浸漬した後の重量を示す)

この溶剤不溶率が50%未満では、長期保存時に粒子表面にブリードが発生し、粒子の付着力に影響を及ぼし粒子の移動の妨げとなり、画像表示耐久性に支障をきたす場合がある。

なお、溶剤不溶率を測定する際の用の溶剤(良溶媒)としては、フッ素樹脂ではメチルエチルケトン等、ポリアミド樹脂ではメタノール等、アクリルウレタン樹脂ではメチルエチルケトン、トルエン等、メラミン樹脂ではアセトン、イソプロパノール等、シリコーン樹脂ではトルエン等が好ましい。

[0083] 次に、画像表示用パネルで表示のために使用される画像表示媒体として用いる粉流体について説明する。なお、本発明の画像表示装置で用いる粉流体の名称については、本出願人が「電子粉流体(登録商標)」の権利を得ている。

[0084] 本発明で用いる「粉流体」は、気体の力も液体の力も借りずに、自ら流動性を示す、流体と粒子の特性を兼ね備えた両者の中間状態の物質である。例えば、液晶は液体と固体の中間的な相と定義され、液体の特徴である流動性と固体の特徴である異方性(光学的性質)を有するものである(平凡社:大百科事典)。一方、粒子の定義は



、無視できるほどの大きさであっても有限の質量をもった物体であり、重力の影響を受けるとされている(丸善:物理学事典)。ここで、粒子でも、気固流動層体、液固流動体という特殊状態があり、粒子に底板から気体を流すと、粒子には気体の速度に対応して上向きの力が作用し、この力が重力とつりあう際に、流体のように容易に流動できる状態になるものを気固流動層体と呼び、同じく、流体により流動化させた状態を液固流動体と呼ぶとされている(平凡社:大百科事典)。このように気固流動層体や液固流動体は、気体や液体の流れを利用した状態である。本発明では、このような気体の力も、液体の力も借りずに、自ら流動性を示す状態の物質を、特異的に作り出せることが判明し、これを粉流体と定義した。

[0085] すなわち、本発明で画像表示媒体として用いる粉流体は、液晶(液体と固体の中間相)の定義と同様に、粒子と液体の両特性を兼ね備えた中間的な状態で、先に述べた粒子の特徴である重力の影響を極めて受け難く、高流動性を示す特異な状態を示す物質である。このような物質はエアロゾル状態、すなわち気体中に固体状もしくは液体状の物質が分散質として安定に浮遊する分散系で得ることができ、画像表示用パネルで固体状物質を分散質とするものである。

[0086] 本発明で用いる画像表示用パネルは、少なくとも一方が透明な、対向する2枚の基板間に、画像表示媒体として気体中に固体粒子が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入するものであり、このような粉流体は、低電圧の印加でクーロン力などにより容易に安定して移動させることができる。

[0087] 粉流体とは、先に述べたように、気体の力も液体の力も借りずに、自ら流動性を示す、流体と粒子の特性を兼ね備えた両者の中間状態の物質である。この粉流体は、特にエアロゾル状態とすることができ、本発明の画像表示装置では、画像表示媒体として気体中に固体状の物質が分散質として比較的安定に浮遊する状態で用いられる。

[0088] エアロゾル状態の範囲は、粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍以上であることが好ましく、更に好ましくは2.5倍以上、特に好ましくは3倍以上である。上限は特に限定されないが、12倍以下であることが好ましい。

粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍より小さいと表示上の制御が

難しくなり、また、12倍より大きいと粉流体を装置内に封入する際に舞い過ぎてしまうなどの取扱い上の不便が生じる。なお、最大浮遊時の見かけ体積は次のようにして測定される。すなわち、粉流体が透過して見える密閉容器に粉流体を入れ、容器自体を振動或いは落下させて、最大浮遊状態を作り、その時の見かけ体積を容器外側から測定する。具体的には、直径(内径)6cm、高さ10cmのポリプロピレン製の蓋付き容器(商品名アイボーイ:アズワン(株)製)に、未浮遊時の粉流体として1/5の体積相当の粉流体を入れ、振とう機に容器をセットし、6cmの距離を3往復/secで3時間振とうさせる。振とう停止直後の見かけ体積を最大浮遊時の見かけ体積とする。

[0089] また、本発明で用いる画像表示用パネルは、粉流体の見かけ体積の時間変化が次式を満たすものが好ましい。

$$V_{10}/V_5 > 0.8$$

ここで、 $V_5$ は最大浮遊時から5分後の見かけ体積( $\text{cm}^3$ )、 $V_{10}$ は最大浮遊時から10分後の見かけ体積( $\text{cm}^3$ )を示す。なお、本発明の画像表示装置は、粉流体の見かけ体積の時間変化 $V_{10}/V_5$ が0.85よりも大きいものが好ましく、0.9よりも大きいものが特に好ましい。 $V_{10}/V_5$ が0.8以下の場合は、通常のいわゆる粒子を用いた場合と同様となり、本発明のような高速応答、耐久性の効果が確保できなくなる。

[0090] また、粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径( $d(0.5)$ )は、好ましくは0.1〜20  $\mu\text{m}$ 、更に好ましくは0.5〜15  $\mu\text{m}$ 、特に好ましくは0.9〜8  $\mu\text{m}$ である。0.1  $\mu\text{m}$ より小さいと表示上の制御が難しくなり、20  $\mu\text{m}$ より大きいと、表示はできるものの隠蔽率が下がり装置の薄型化が困難となる。なお、粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径( $d(0.5)$ )は、次の粒子径分布Spanにおける $d(0.5)$ と同様である。

[0091] 粉流体を構成する粒子物質は、下記式に示される粒子径分布Spanが5未満であることが好ましく、更に好ましくは3未満である。

$$\text{粒子径分布Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$$

ここで、 $d(0.5)$ は粉流体を構成する粒子物質の50%がこれより大きく、50%がこれより小さいという粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.1)$ はこれ以下の粉流体を構成する粒子物質の比率が10%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.9)$ はこれ以下の粉流体を構成する粒子物質が90%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値である。粉流

体を構成する粒子物質の粒子径分布Spanを5以下とすることにより、サイズが揃い、均一な粉流体移動が可能となる。

- [0092] なお、以上の粉流体を構成する粒子物質の粒子径分布および粒子径は、レーザー一回折／散乱法などから求めることができる。測定対象となる粉流体にレーザー光を照射すると空間的に回折／散乱光の光強度分布パターンが生じ、この光強度パターンは粒子径と対応関係があることから、粉流体を構成する粒子物質の粒子径および粒子径分布が測定できる。この粉流体を構成する粒子物質の粒子径および粒子径分布は、体積基準分布から得られる。具体的には、Mastersizer2000(Malvern Instruments Ltd.)測定機を用いて、窒素気流中に粉流体を投入し、付属の解析ソフト(Mie理論を用いた体積基準分布を基本としたソフト)にて、測定を行うことができる。
- [0093] 粉流体の作製は、必要な樹脂、荷電制御剤、着色剤、その他添加剤を混練り粉碎しても、モノマーから重合しても、既存の粒子を樹脂、荷電制御剤、着色剤、その他添加剤でコーティングしても良い。以下、粉流体を構成する樹脂、荷電制御剤、着色剤、その他添加剤を例示する。
- [0094] 樹脂の例としては、ウレタン樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂、ウレタン変性アクリル樹脂、シリコーン樹脂、ナイロン樹脂、エポキシ樹脂、スチレン樹脂、ブチラール樹脂、塩化ビニリデン樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、フッ素樹脂などが挙げられ、2種以上混合することもでき、特に、基板との付着力を制御する上から、アクリルウレタン樹脂、アクリルウレタンシリコーン樹脂、アクリルウレタンフッ素樹脂、ウレタン樹脂、フッ素樹脂が好適である。
- [0095] 荷電制御剤の例としては、正電荷付与の場合には、4級アンモニウム塩系化合物、ニグロシン染料、トリフェニルメタン系化合物、イミダゾール誘導体などが挙げられ、負電荷付与の場合には、含金属アゾ染料、サリチル酸金属錯体、ニトロイミダゾール誘導体などが挙げられる。
- [0096] 着色剤の例としては、塩基性、酸性などの染料が挙げられ、ニグロシン、メチレンブルー、キノリンイエロー、ローズベンガルなどが例示される。
- [0097] 無機系添加剤の例としては、酸化チタン、亜鉛華、硫化亜鉛、酸化アンチモン、炭酸カルシウム、鉛白、タルク、シリカ、ケイ酸カルシウム、アルミナホワイト、カドミウムイ

エロー、カドミウムレッド、カドミウムオレンジ、チタンイエロー、紺青、群青、コバルトブルー、コバルトグリーン、コバルトバイオレット、酸化鉄、カーボンブラック、マンガンフェライトブラック、コバルトフェライトブラック、銅粉、アルミニウム粉などが挙げられる。

[0098] しかしながら、このような材料を工夫無く混練り、コーティングなどを施しても、エアロゾル状態を示す粉流体を作製することはできない。エアロゾル状態を示す粉流体の決まった製法は定かではないが、例示すると次のようになる。

[0099] まず、粉流体を構成する粒子物質の表面に、平均粒子径が20〜100nm、好ましくは20〜80nmの無機微粒子を固着させることが適当である。更に、その無機微粒子がシリコンオイルで処理されていることが適当である。ここで、無機微粒子としては、二酸化珪素(シリカ)、酸化亜鉛、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化セリウム、酸化鉄、酸化銅等が挙げられる。この無機微粒子を固着させる方法が重要であり、例えば、ハイブリダイザー(奈良機械製作所(株)製)やメカノフュージョン(ホソカワミクロン(株)製)などを用いて、ある限定された条件下(例えば処理時間)で、エアロゾル状態を示す粉流体を作製することができる。

[0100] ここで繰り返し耐久性を更に向上させるためには、粉流体を構成する樹脂の安定性、特に、吸水率と溶剤不溶率を管理することが効果的である。隔壁で仕切られたセル内に封入する粉流体を構成する樹脂の吸水率は、3重量%以下、特に2重量%以下とすることが好ましい。なお、吸水率の測定は、ASTM-D570に準じて行い、測定条件は23℃で24時間とする。粉流体を構成する樹脂の溶剤不溶率に関しては、下記関係式で表される粉流体の溶剤不溶率を50%以上、特に70%以上とすることが好ましい。

$$\text{溶剤不溶率(\%)} = (B/A) \times 100$$

(但し、Aは樹脂の溶剤浸漬前重量、Bは良溶媒中に樹脂を25℃で24時間浸漬した後の重量を示す)

[0101] この溶剤不溶率が50%未満では、長期保存時に粉流体を構成する粒子物質表面にブリードが発生し、粉流体との付着力に影響を及ぼし粉流体の移動の妨げとなり、画像表示耐久性に支障をきたす場合がある。なお、溶剤不溶率を測定する際の溶剤(良溶媒)としては、フッ素樹脂ではメチルエチルケトン等、ポリアミド樹脂ではメタノー

ル等、アクリルウレタン樹脂では、メチルエチルケトン、トルエン等、メラミン樹脂ではアセトン、イソプロパノール等、シリコーン樹脂ではトルエン等が好ましい。

- [0102] 本発明に画像表示媒体として用いる粒子あるいは粉流体は帯電性を有するものである。したがって、帯電電荷を保持するために、その体積固有抵抗が $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の絶縁性のものであることが好ましく、さらには以下に述べる方法で評価した電荷減衰の遅い画像表示媒体が好ましい。
- [0103] すなわち、画像表示媒体を、別途、プレス、加熱溶融、キャスト等により、厚み5〜100  $\mu\text{m}$ のフィルム状にする。そして、そのフィルム表面と1mmの間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8KVの電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させ、その表面電位の変化を測定し判定する。この場合、0.3秒後における表面電位の最大値が300Vより大きく、好ましくは400Vより大きくなるように、画像表示媒体の構成材料を選択、作製することが肝要である。
- [0104] なお、上記表面電位の測定は、例えば図16に示したQEA社製CRT2000を用いることにより行うことができる。この装置の場合は、前述したフィルムを表面に配置したロールのシャフト両端部をチャック61にて保持し、小型のスコトロロン放電器62と表面電位計63とを所定間隔離して併設した計測ユニットを上記フィルムの表面と1mmの間隔を持って対向配置し、上記フィルムを静止した状態のまま、上記計測ユニットをフィルム的一端から他端まで一定速度で移動させることにより、表面電荷を与えつつその表面電位を測定する方法が好適に採用される。なお、測定環境は温度 $25 \pm 3^\circ\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 5\text{RH}\%$ とする。
- [0105] また、画像表示媒体の帯電量は当然その測定条件に依存するが、画像表示用パネルにおける画像表示媒体の帯電量はほぼ、初期帯電量、隔壁との接触、基板との接触、経過時間に伴う電荷減衰に依存し、特に接触に伴う、画像表示媒体の帯電挙動の飽和値が支配因子となっているということが分かっている。
- [0106] 本発明者らは鋭意検討の結果、ブローオフ法において同一のキャリア粒子を用いて、それぞれの帯電量測定を行うことにより、画像表示媒体の適正な帯電特性値の範囲を評価できることを見出し、これを表面電荷密度によって規定することにより、画像表示装置として適当な画像表示媒体の帯電量を予測できることを見出した。

- [0107] 測定方法について詳しくは後に述べるが、ブローオフ法によって、画像表示媒体とキャリア粒子とを、十分に接触させ、それぞれその飽和帯電量を測定することにより該画像表示媒体の単位重量あたりの帯電量を測定することができる。そして、該画像表示媒体の平均粒子径と比重を別途求めることにより該画像表示媒体の表面電荷密度を算出することができる。
- [0108] 画像表示用パネルにおいては、画像表示媒体として用いる粒子あるいは粉流体を構成する粒子物質(以下、併せて粒子という)の粒子径は小さく、重力の影響はほぼ無視できるほど小さいため、粒子の比重は粒子の動きに対して影響しない。しかし、粒子の帯電量においては、同じ粒子径の粒子で単位重量あたりの平均帯電量が同じであっても、粒子の比重が2倍異なる場合に保持する帯電量は2倍異なることとなる。従って、画像表示装置に用いられる粒子の帯電特性は粒子の比重に無関係な表面電荷密度(単位:  $\mu\text{C}/\text{m}^2$ )で評価するのが好ましいことが分かった。
- [0109] そして、2種の粒子あるいは2種の粉流体を画像表示媒体として用いる画像表示用パネルでは、粒子間あるいは粉流体間においてこの表面電荷密度の範囲および表面電荷密度の差が適当な範囲にある時、2種類の粒子あるいは2種の粉流体はお互いの接触により十分な帯電量を保持し、電界により移動する機能を保持するのである。
- [0110] ここで、表示用パネル内で互いに近接して存在する2種の粒子あるいは2種の粉流体の帯電性を十分なものにするために、2種の粒子あるいは2種の粉流体の表面電荷密度はある程度の差が必要であるが、大きいほどよいというものではない。粒子移動による画像表示装置においては粒子の粒子径が大きいときは主に電気影像力が粒子の飛翔電界(電圧)を決定する因子となる傾向が強いため、この粒子を低い電界(電圧)で動かすためには帯電量が低いほうがよいこととなる。また、粒子の粒子径が小さいときは分子間力・液架橋力等の非電氣的な力が飛翔電界(電圧)決定因子となることが多いため、この粒子を低い電界(電圧)で動かすためには帯電量が高いほうがよいこととなる。しかし、これは粒子の表面性(材料・形状)にも大きく依存するため一概に粒子径と帯電量で規定することはできない。
- [0111] 本発明者らは平均粒子径が0.1〜50  $\mu\text{m}$ の粒子あるいは平均粒子径が0.1〜30

$\mu\text{m}$ の粒子物質から構成される粉流体においては、同一のキャリア粒子を用いてブローオフ法により測定した2種の粒子あるいは2種の粉流体の表面電荷密度の絶対値が $10\sim 150\ \mu\text{C}/\text{m}^2$ の範囲であり、表面電荷密度の差の絶対値が $20\sim 150\ \mu\text{C}/\text{m}^2$ である場合に画像表示用パネルとして好適と成り得ることを見出した。

- [0112] 本発明で用いる画像表示用パネルにおける基板と基板の間隔は、画像表示媒体が移動できて、コントラストを維持できる間隔であれば良いが、通常 $10\sim 500\ \mu\text{m}$ 、好ましくは $10\sim 200\ \mu\text{m}$ に調整される。

対向する基板間の空間における画像表示媒体(粒子群または粉流体)の体積占有率は、 $3\sim 70\%$ が好ましく、さらに好ましくは $5\sim 60\%$ である。 $70\%$ を超える場合には画像表示媒体(粒子群または粉流体)の移動の支障をきたし、 $3\%$ 未満の場合にはコントラストが不明瞭となり易い。

- [0113] 更に、基板間の画像表示媒体として用いる粒子群または粉流体を取り巻く空隙部分の気体の管理が重要であり、表示安定性向上に寄与する。具体的には、空隙部分の気体の湿度について、 $25^\circ\text{C}$ における相対湿度を $60\%\text{RH}$ 以下、好ましくは $50\%\text{RH}$ 以下、更に好ましくは $35\%\text{RH}$ 以下とすることが重要である。

この空隙部分とは、例えば図8において、対向する基板21、基板22に挟まれる部分から、電極25、26、画像表示媒体(粒子群あるいは粉流体)23の占有部分、隔壁24の占有部分、装置シール部分を除いた、いわゆる画像表示媒体(粒子群あるいは粉流体)が接する気体部分を指すものとする。

空隙部分の気体は、先に述べた湿度領域であれば、その種類は問わないが、乾燥空気、乾燥窒素、乾燥アルゴン、乾燥ヘリウム、乾燥二酸化炭素、乾燥メタンなどが好適である

- [0114] 本発明で用いる画像表示用パネルにおいては、上記のセルを複数使用してマトリクス状に配置して表示を行う。白黒以外の任意の色表示をする場合は、画像表示媒体(粒子群あるいは粉流体)の色の組み合わせを適宜行えばよい。フルカラーの場合は、3種即ち、R(赤色)、G(緑色)及びB(青色)のカラー板を持ちかつ各々黒色の画像表示媒体(粒子群あるいは粉流体)を持つセルを1組とし、それらを複数组配置して画像表示用パネルとするのが好ましい。

[0115] 以下、第1発明―第3発明の各々について実施例及び比較例を示して、本発明を更に具体的に説明する。但し本発明は以下の実施例により限定されるものではない。

[0116] (第1発明の実施例)

(第1発明の第1実施例について)

実際に、以下に示すように、ITOガラス基板を使用した実施例1および比較例1と、ITO樹脂(PET)基板を使用した実施例2および実施例3に係る画像表示用パネルを作製し、実施例1―3および比較例1を比較した。なお、実施例1―3および比較例1において、以下の表1に記載した事項以外の構成は全て同じ構成とした。

[0117] (実施例1(ガラス基板))

以下の表1に示すように、画素サイズ $50\mu\text{m}$ に対し隔壁サイズ(セルの大きさに対応)  $150\mu\text{m}$ と、セル11と画素14とが1対1に対応しないようにして(ここでは、セル:画素=1:9)、図17にその一部を示すような画像表示用パネルを作製した。なお、本例では、表1に示すように、リブ形状(隔壁の形状に対応)を格子状(四角形状)とし、リブ幅(隔壁の幅に対応)を $20\mu\text{m}$ とすることで、作製した画像表示用パネルの開口率は75%であった。

[0118] (実施例2(樹脂(PET)基板))

以下の表1に示すように、画素サイズ $300\mu\text{m}$ に対し隔壁サイズ(セルの大きさに対応)  $150\mu\text{m}$ と、セル11と画素14とが1対1に対応しないようにして(ここでは、セル:画素=4:1)、図18にその一部を示すような画像表示用パネルを作製した。なお、本例では、表2に示すように、リブ形状(隔壁の形状に対応)を六角形状のハニカム構造とし、リブ幅(隔壁の幅に対応)を $10\mu\text{m}$ とすることで、作製した画像表示用パネルの開口率は86%であった。

[0119] (実施例3(樹脂(PET)基板))

以下の表1に示すように、画素サイズ $300\mu\text{m}$ に対し隔壁サイズ(セルの大きさに対応)  $150\mu\text{m}$ と、セル11と画素14とが1対1に対応しないようにして(ここでは、セル:画素=4:1)、図19にその一部を示すような画像表示用パネルを作製した。なお、本例では、表1に示すように、リブ形状(隔壁の形状に対応)を格子状(四角形状)とし、



リブ幅(隔壁の幅に対応)を $10\mu\text{m}$ とすることで、作製した画像表示用パネルの開口率は87%であった。

[0120] (比較例1(ガラス基板))

以下の表1に示すように、画素サイズ $50\mu\text{m}$ に対し隔壁サイズ(セルの大きさに対応) $50\mu\text{m}$ と、セル11と画素14とが1対1に対応するようにして、図20にその一部を示すような画像表示用パネルを作製した。なお、本例では、表1に示すように、リブ形状(隔壁の形状に対応)を格子状(四角形状)とし、リブ幅(隔壁の幅に対応)を $20\mu\text{m}$ とすることで、作製した画像表示用パネルの開口率は36%であった。

[0121] [表1]

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	比較例 1
画素サイズ	$50\mu\text{m}$	$300\mu\text{m}$	$300\mu\text{m}$	$50\mu\text{m}$
隔壁サイズ	$150\mu\text{m}$	$150\mu\text{m}$	$150\mu\text{m}$	$50\mu\text{m}$
リブ形状	四角形	六角形	四角形	四角形
セル配置	格子状	ハニカム状	格子状	格子状
リブ幅	$20\mu\text{m}$	$10\mu\text{m}$	$10\mu\text{m}$	$20\mu\text{m}$
開口率	75%	86%	87%	36%
使用基板	ガラス	PET	PET	ガラス

[0122] <比較結果>

実施例1〜3および比較例1の画像表示用パネルについて、同一の条件で画像を表示したところ、表示特性について以下の事実がわかった。

[0123] (1) 実施例1〜3と比較例1とを比較してみると、比較例1は隔壁面が表示面に占める割合が多く、開口率が著しく低くなるため、開口率の高い実施例1〜3と比べて画像表示特性が悪くなることがわかった。

[0124] (2) ガラス基板を使用した実施例1と樹脂(PET)基板を使用した実施例3とを比較してみると、樹脂基板を使用し隔壁を四角形状の格子配置で構成した実施例3では熱処理により基板が伸びてしまい、隔壁と画素との周期的な位置関係がくずれて隔壁と画素とが干渉し、モアレによる表示劣化を生じる場合があることがわかった。

[0125] (3) 樹脂(PET)基板を使用した実施例2と実施例3とを比較してみると、両者とも熱処理により基板が伸びるが、隔壁を六角形状にしてハニカム構造なるようにランダムに配置した実施例2では、隔壁と画素との干渉によるモアレを顕著に抑制できること

がわかった。その結果、樹脂基板を利用する場合は、隔壁を六角形状にしてハニカム構造になるようにランダムに配置することが好ましいことがわかった。

[0126] (第1発明の第2実施例について)

セル11の面積と1つのセル11が構成する画素14の面積とを種々変化させて、セルの面積／画素の面積の比が本発明の範囲内である4以下の実施例11～13の画像表示用パネルと、セルの面積／画素の面積の比が本発明の範囲外である4を超える比較例11、12の画像表示用パネルとを、セルの面積と画素の面積以外は同じ条件で作製した。ここで、1画素14の面積は、図21(a)に示すように、電極5と電極6とが重なり合う部分のうち縦横の矢印の長さを掛け合わせた面積とし、1セル11の面積は、図21(b)に示すように、隔壁4で画成された部分のうち縦横の矢印の長さを掛け合わせた面積とした。そして、各画像表示用パネルについて、表示品位と文字の見易さを判断した。結果を以下の表2に示す。表2において、○は良好な例を、×は良好でない例をそれぞれ示す。

[0127] [表2]

	画素面積 ( $\mu\text{m}^2$ )	リブ (セル) 面積( $\mu\text{m}^2$ )	比率	表示品位	文字の見易さ
実施例 2 1	3 0 6 2 5	3 0 6 2 5	1. 0 0	○	○
実施例 2 2	3 0 6 2 5	2 2 5 0 0	0. 7 3	○	○
実施例 2 3	3 0 6 2 5	4 0 0 0 0	1. 3 1	○	○
比較例 2 1	3 0 6 2 5	1 2 9 6 0 0	4. 2 3	×	×：見難い
比較例 2 2	3 0 6 2 5	2 7 5 6 2 5	9. 0 0	×	×：認識不可

[0128] 表2の結果から、セルの面積／画素の面積の比が4よりも小さい本発明例11～13は、セルの面積／画素の面積の比が4を超える比較例11、12と比べて、良好な表示品位と高い文字の見易さが得られることがわかる。

[0129] (第2発明の実施例)

図7(a)～(d)の例に従って、着色隔壁25を作製した。まず、黑色液レジスト(新日鐵化学製: NSBK1000)を基板21上に滴下し、スピコートにて1500rpm×30秒の条件で製膜し、基板21上に黒色で厚さ1 $\mu\text{m}$ の薄膜22(第1層)を形成した。次に、薄膜22を形成した基板21を、熱風循環式クリーンオープン中にて100℃×2分の

条件でプレキュア(溶剤乾燥、基板密着性向上目的)を行った。次に、厚さ50  $\mu\text{m}$ のドライフィルムレジスト(ニチゴーモートン製:アルフォNIT2)を薄膜22上に100°Cでラミネートし、薄膜22上に厚膜23(第2層)を形成した。

- [0130] その後、平行光露光装置にてマスク24を介して厚膜23及び薄膜22を露光し、炭酸ナトリウム水溶液(濃度:1%)にて現像後、純水にて洗浄した。得られたサンプルを200°C×1時間の条件でポストバーク(反応完結目的)し、目的の着色隔壁25を得た。得られた着色隔壁25は、現像不良を起こすことなくパターン通りの隔壁であった。

- [0131] (第3発明の実施例)

得られた実施例及び比較例について、下記の基準に従い、評価を行った。まず、隔壁の形状として、図22に示すB1、B2、F1、F2を光学顕微鏡にて目視で測定した。背面及び前面開口率は、測定したB1、B2、F1、F2から計算により求めた。次に、フォトリソ法の条件として、露光量を露光積算計にて実測した。フォトマスクとフォトレジストフィルムとの距離であるプロキシミティは、光学顕微鏡にて目視で測定した。最大反射率については、マクベス濃度計D19Cを用いOD値(光学濃度)を測定し、反射率に換算したもののうち最大のもののものとした。コントラスト比は、最大/最小反射率の比で計算した。

- [0132] (実施例21)

約500 Å厚みのITO電極を設けたガラス基板上に、高さ250  $\mu\text{m}$ の隔壁を作り、ストライプ状の片リブ構造の隔壁を形成した。

隔壁の形成は次のように行なった。まず、基板上に厚さ150  $\mu\text{m}$ のフォトレジストフィルムを貼り付け、フォトマスクを使用して以下の表3に示す露光条件で露光して、隔壁に対応する部分を硬化させた。その後、フォトレジストフィルムの未硬化部分を、以下の表3に示す現像条件で現像後、同じく表3に示す洗浄条件で洗浄して取り除くことにより、逆テーパ形状の隔壁を作製した。

- [0133] また、粒子群A、粒子群Bを準備した。粒子群Aは、熱可塑性ポリエーテルエステルエラストマー:ハイトレル6377(東レ・デュポン社製)にCB4phr、荷電制御剤ボントロンN07(オリエント化学製)2phrを添加し、混練り後、ジェットミルにて粉碎分級して粒子を作製した。粒子B群は、熱可塑性ポリエーテルエステルエラストマー:ハイトレル

6377(東レ・デュポン社製)に酸化チタン10phr、荷電制御剤ボントロンE89(オリエント化学製)2phrを添加し、混練り後、ジェットミルにて粉碎分級して粒子を作製した。

- [0134] 前述の隔壁を形成したITO電極付きのガラス基板と、隔壁を形成していないITO電極付きのガラス基板の間に、前述の粒子群A、Bを入れ、ガラス基板周辺をエポキシ系接着剤にて接着すると共に、粒子群を封入し、画像表示装置を作製した。粒子群Aと粒子群Bの混合率は同重量づつとし、それら粒子群のガラス基板間への充填率は60容量%となるように調整した。ここで、空隙を埋める気体は、相対湿度50%RHの空気とした。

作製した実施例21に係る画像表示装置に対する評価結果を以下の表3に示す。

- [0135] (実施例22)

実施例21において、以下の表3に示すように、プロキシミティを通常通り狭くするとともに露光量を低露光量に変更した以外は同様にして、画像表示装置を作製した。作製した実施例21に係る画像表示装置に対する評価結果を以下の表3に示す。

- [0136] (比較例21)

実施例21において、以下の表3に示すように、幅の変わらない断面形状の隔壁形状とするとともに、プロキシミティを通常通り狭く変更した以外は同様にして、画像表示装置を作製した。作製した比較例21に係る画像表示装置に対する評価結果を以下の表3に示す。

- [0137] [表3]

		実施例 2 1	実施例 2 2	比較例 2 1
B 1	( $\mu\text{m}$ )	3 0 0	3 0 0	3 0 0
B 2	( $\mu\text{m}$ )	5 0	5 0	5 0
F 1	( $\mu\text{m}$ )	3 4 2	3 4 0	3 0 0
F 2	( $\mu\text{m}$ )	8	1 0	5 0
背面開口率	(%)	7 3	7 3	7 3
前面開口率	(%)	9 5	9 4	7 3
作製方法				
光		平行光		
露光量	( $\text{mJ}/\text{cm}^2$ )	4 0 0	1 0 0	4 0 0
プロキシミティ	(mm)	0. 5	0. 1	0. 1
現像液		炭酸ナトリウム 1 % 水溶液		
現像時間	(sec.)	6 0	3 0	6 0
洗浄液		純水		
洗浄時間	(sec.)	1 2 0	9 0	1 2 0
最大反射率	(%)	4 8	4 7	3 7
コントラスト比		1 2	1 2	9

[0138] 表3の結果から、フォトマスクとフォトリソ法との間にギャップを設けるプロキシミティ露光により、光を故意に拡散し、隔壁に逆テーパ形状を付与した実施例21に係る画像表示装置、及び、低露光量にすることにより、表層のみの硬化剤を反応させ、隔壁に逆テーパ形状を付与した実施例22に係る画像表示装置は、テーパ形状を有さない隔壁を通常のフォトリソ法で作製した比較例21に係る画像表示装置と比べて、高い最大反射率と高いコントラスト比を有することがわかる。また、実施例21、実施例22の方が、比較例21と比べて、表示面が高い開口率を有することがわかる。

#### 産業上の利用可能性

[0139] 本発明の画像表示用パネルを備えた画像表示装置は、ノートパソコン、PDA、携帯電話、ハンディターミナル等のモバイル機器の表示部、電子ブック、電子新聞等の電子ペーパー、看板、ポスター、黒板等の掲示板、電卓、家電製品、自動車用品等の表示部、ポイントカード、ICカード等のカード表示部、電子広告、電子POP、電子値札、電子楽譜、RF-ID機器の表示部などに好適に用いられる。

## 請求の範囲

- [1] 少なくとも一方が透明である2枚の対向する基板間に、隔壁により互いに隔離されたセルを形成し、セル内に画像表示媒体を封入し、画像表示媒体に電界を与え、画像表示媒体を移動させて画像を表示する画像表示用パネルを備える画像表示装置において、複数のセルを、画像を表示するための画素の位置と1対1に対応しないように構成したことを特徴とする画像表示装置。
- [2] 少なくとも一方が透明である2枚の対向する基板間に、隔壁により互いに隔離されたセルを形成し、セル内に画像表示媒体を封入し、画像表示媒体に電界を与え、画像表示媒体を移動させて画像を表示する画像表示用パネルを備える画像表示装置において、セルの面積／画素の面積の比が4よりも小さくなるよう構成したことを特徴とする画像表示装置。
- [3] 隔壁によって形成されるセルの形状が、四角形状、三角形状、六角形状、円形状、楕円形状のいずれかである請求項1または2記載の画像表示装置。
- [4] 隔壁によって形成されるセルの配置構成がハニカム構造を有する請求項1～3のいずれか1項に記載の画像表示装置。
- [5] 隔壁によって形成されるセルの形状が六角形状で、該セルの配置構成がハニカム構造を有する請求項1～4のいずれか1項に記載の画像表示装置。
- [6] 画像表示媒体が粒子群または粉流体である請求項1～5のいずれか1項に記載の画像表示装置。
- [7] 少なくとも一方が透明である2枚の対向する基板間に、隔壁により互いに隔離されたセルを形成し、セル内に気体、液体、固体、粒子群または粉流体などの画像表示媒体を封入する構造を有する画像表示用パネルの製造方法において、一方の基板上に感光性着色組成物からなる第1層を製膜し、その上に、第1層より光透過性が高いとともに厚みの厚い感光性組成物からなる第2層を製膜し、基板上の第1層および第2層に対しマスクを介して露光した後、現像・洗浄することにより基板上に着色隔壁を作製し、着色隔壁に他方の基板を接合することを特徴とする画像表示用パネルの製造方法。
- [8] 第1層の感光性着色組成物における可視光(380nm～780nm)の波長域の透過

率が20%以下であり、第2層の感光性組成物における300nm～450nmの波長域の透過率が20%以上である請求項6に記載の画像表示用パネルの製造方法。

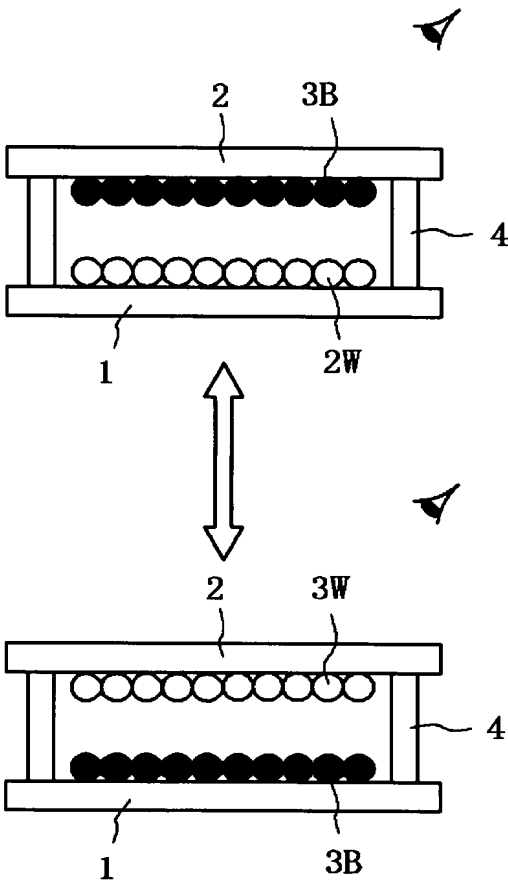
- [9] 第2層を、フィルム状に形成された感光性組成物として第1層上に積層して得る請求項6または7に記載の画像表示用パネルの製造方法。
- [10] 第1層の色が黒色である請求項6～8のいずれか1項に記載の画像表示用パネルの製造方法。
- [11] 請求項6～9のいずれか1項に記載の画像表示用パネルの製造方法に従って製造したことを特徴とする画像表示用パネル。
- [12] 請求項6～9のいずれか1項に記載の画像表示用パネルの製造方法に従って製造し、画像表示媒体として粒子群または粉流体を用いたことを特徴とする画像表示用パネル。
- [13] 少なくとも一方が透明である2枚の対向する基板間に、隔壁により互いに隔離されたセルを形成し、セル内に画像表示媒体として粒子群あるいは粉流体を封入し、粒子群あるいは粉流体に電界を与え、粒子あるいは粉流体を移動させて画像を表示する画像表示用パネルを備える画像表示装置において、前記隔壁をフォトリソ法で作製するとともに、前記隔壁の形状を、背面基板側の端部幅が前面基板側の端部幅より大きいテーパ形状としたことを特徴とする画像表示装置。
- [14] 前記フォトリソ法による隔壁の作製を、前面基板上に熱硬化性樹脂を含む感光性材料を塗布し、フォトマスクを用いて隔壁に相当する部位にのみ露光し、感光性材料を硬化させ、現像して非硬化部分を取り除くことにより行い、前面基板上に、背面基板側の端部幅が前面基板側の端部幅より大きい逆テーパ形状の隔壁を形成した請求項12に記載の画像表示装置。
- [15] 逆テーパ形状の隔壁をフォトリソ法により作製するにあたり、フォトマスクと感光性材料との間にギャップを設けるプロキシミティ露光により、光を故意に拡散させ、逆テーパ形状を付与する請求項13に記載の画像表示装置。
- [16] 逆テーパ形状の隔壁をフォトリソ法により作製するにあたり、露光を低露光量で実施することにより、表層のみの硬化剤を反応させ、逆テーパ形状を付与する請求項13に記載の画像表示装置。

- [17] 背面基板側の端部幅 $w_2$ と前面基板側の端部幅 $w_1$ との比 $w_1/w_2$ が0.5以下である請求項12～15のいずれか1項に記載の画像表示装置。
- [18] 画像表示媒体として用いる粒子あるいは粉流体の色が白色及び黒色である請求項12～16のいずれか1項に記載の画像表示装置。
- [19] 対向する基板間に位置する隔壁が、片リブ構造である請求項12～17のいずれか1項に記載の画像表示装置。
- [20] 隔壁材料が無機粉体を含み、かつ、無機粉体の下記式で表される粒子径分布Spanが8以下である請求項12～18のいずれか1項に記載の画像表示装置。
- $$\text{Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$$
- (但し、 $d(0.5)$ は粒子の50%がこれより大きく、50%がこれより小さいという粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.1)$ はこれ以下の粒子の比率が10%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.9)$ はこれ以下の粒子が90%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値を示す。)
- [21] 無機粉体の平均粒子径 $d(0.5)$ が0.1～20 $\mu\text{m}$ である請求項12～19のいずれか1項に記載の画像表示装置。
- [22] 対向する基板間の空隙が、25℃における相対湿度が60%RH以下の気体で満たされている請求項12～10のいずれか1項に記載の画像表示装置。



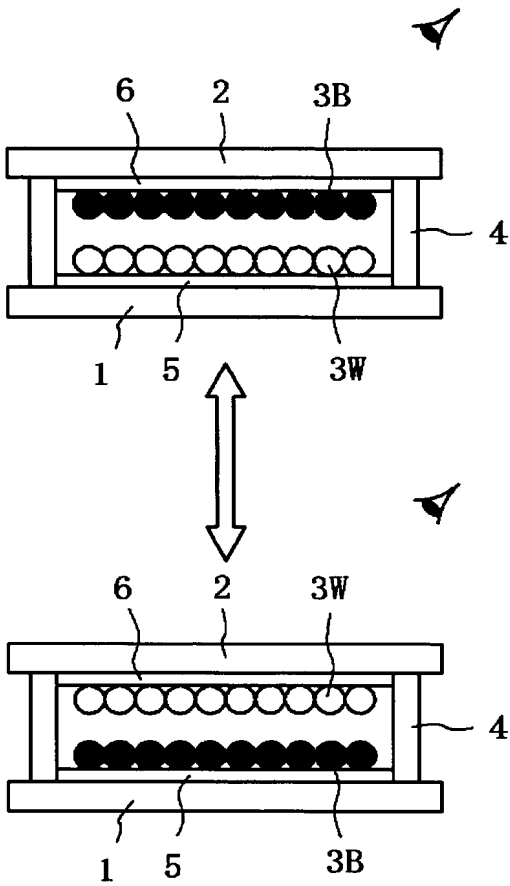
[図1]

FIG. 1



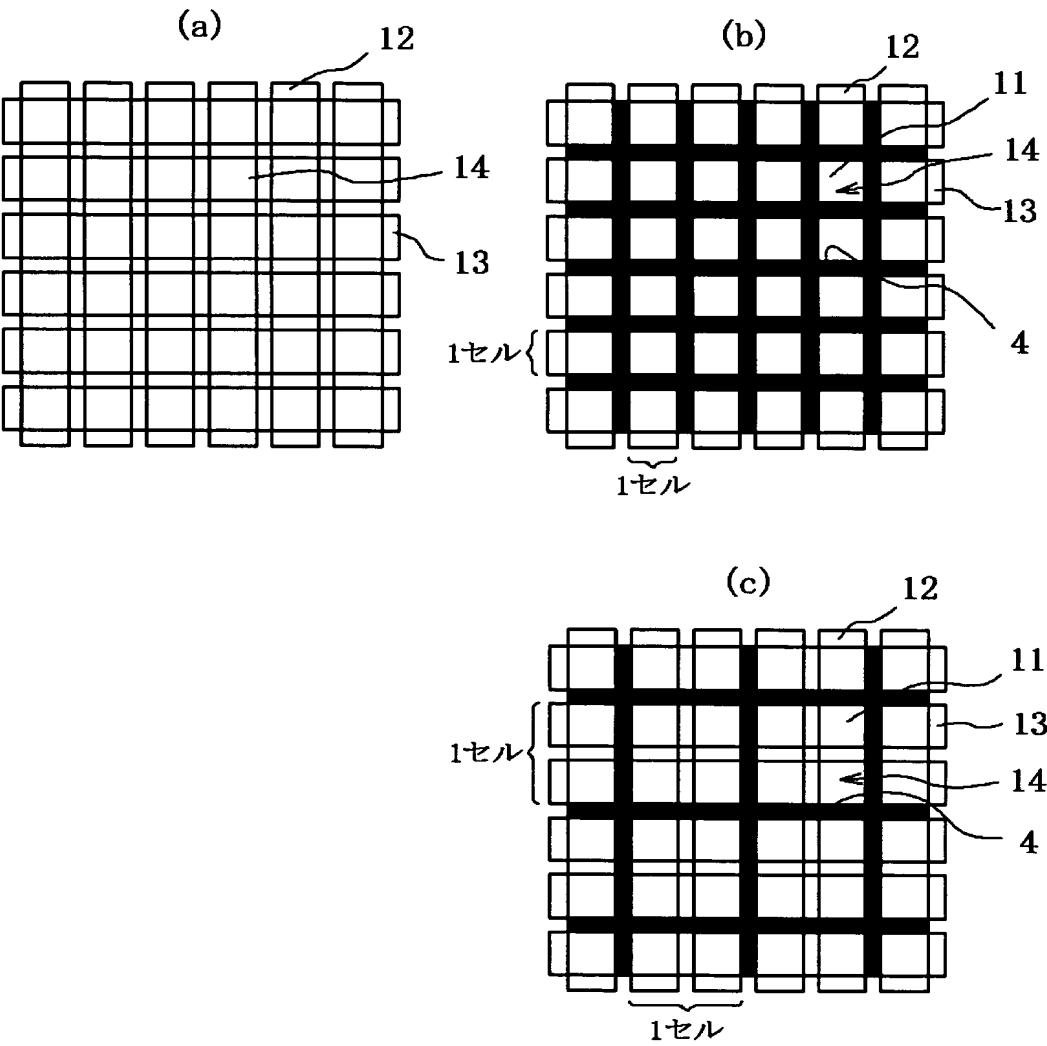
[図2]

FIG. 2



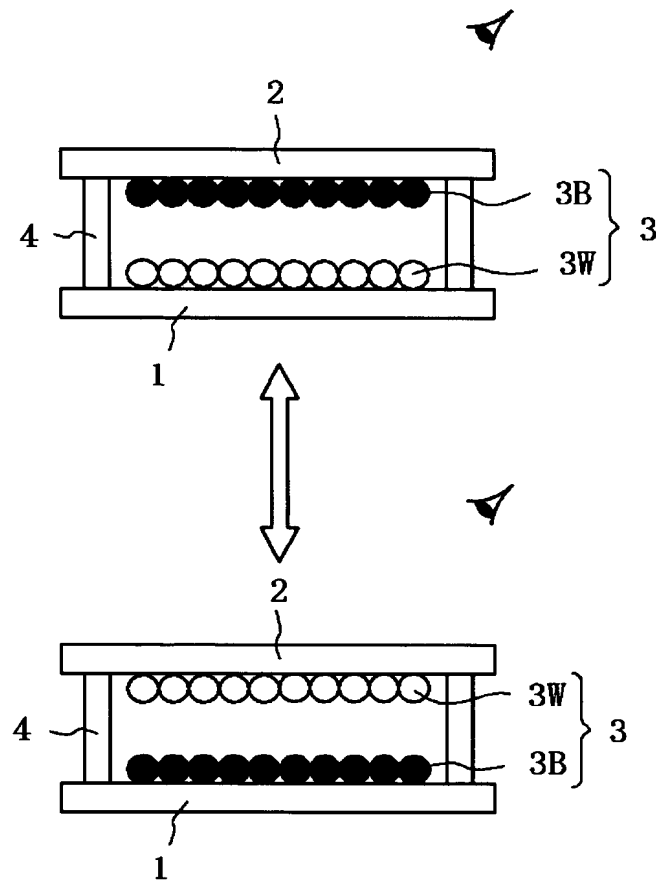
[図3]

FIG. 3



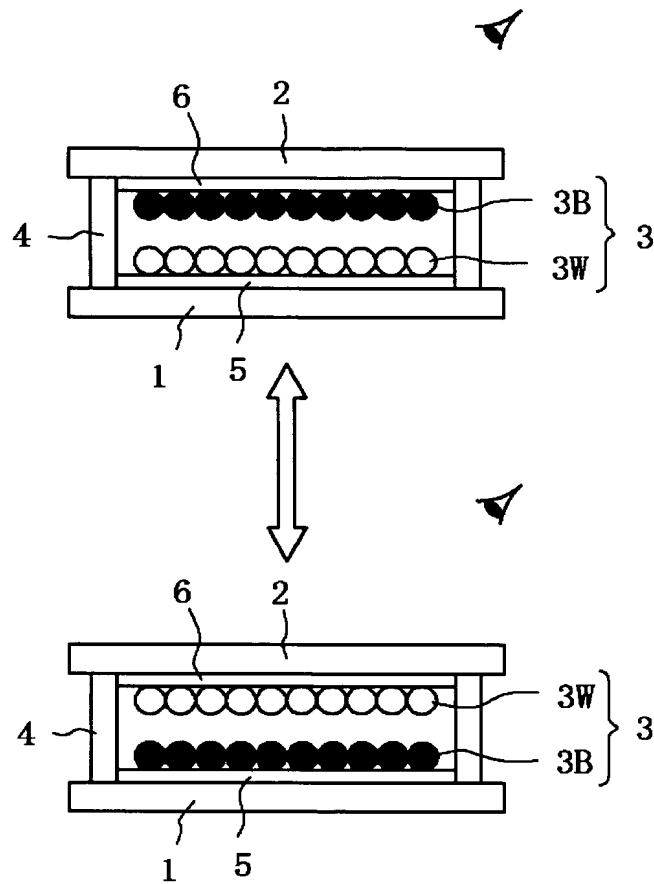
[図4]

FIG. 4



[図5]

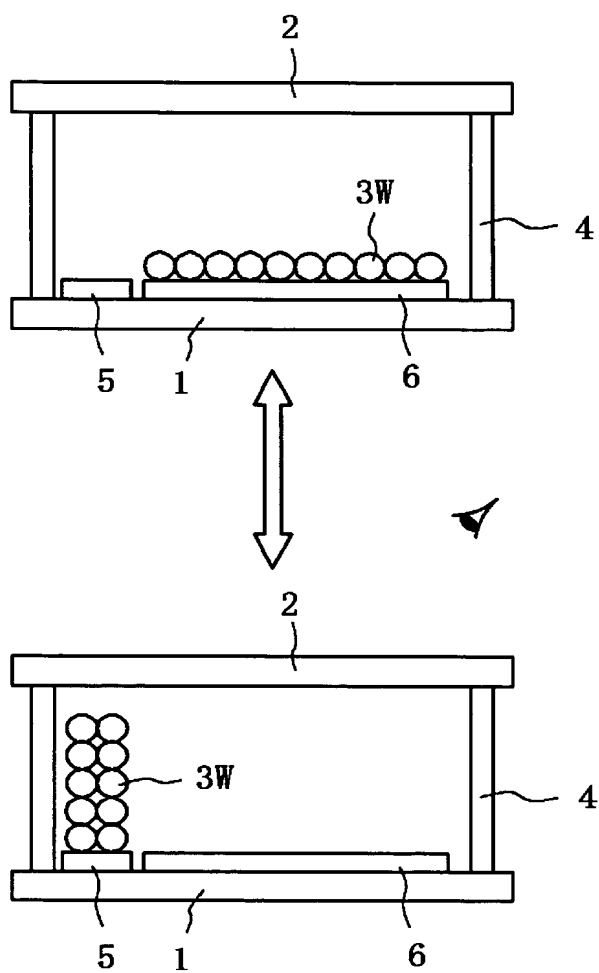
FIG. 5



[図6]

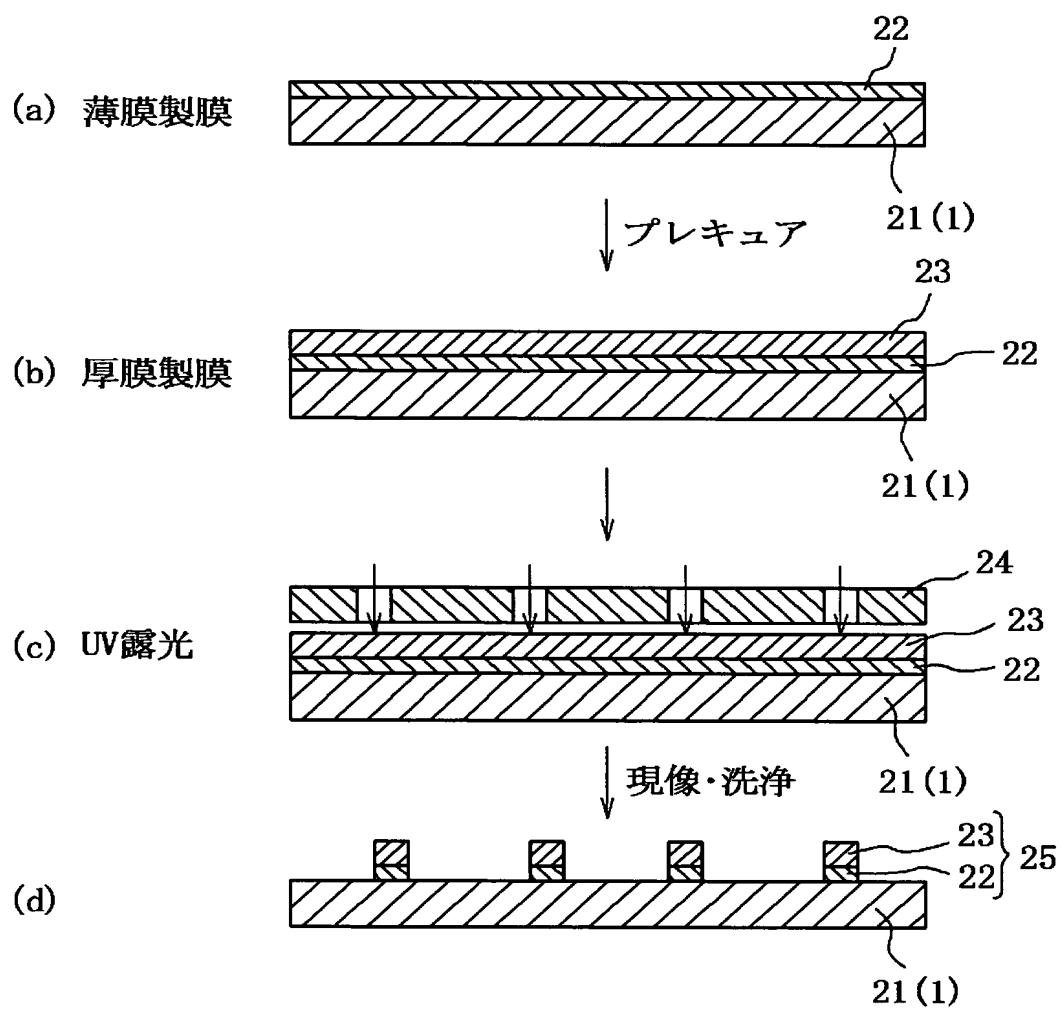
6/19

FIG. 6



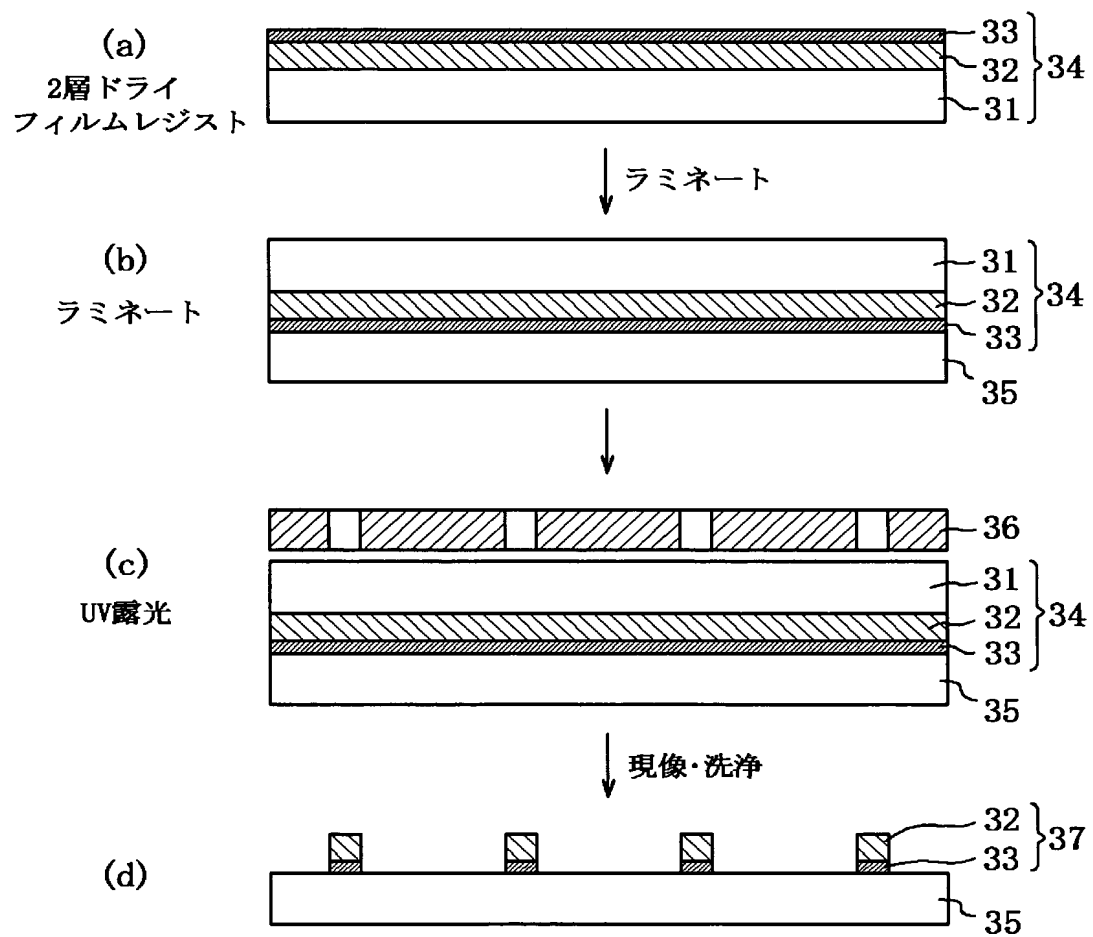
[図7]

FIG. 7



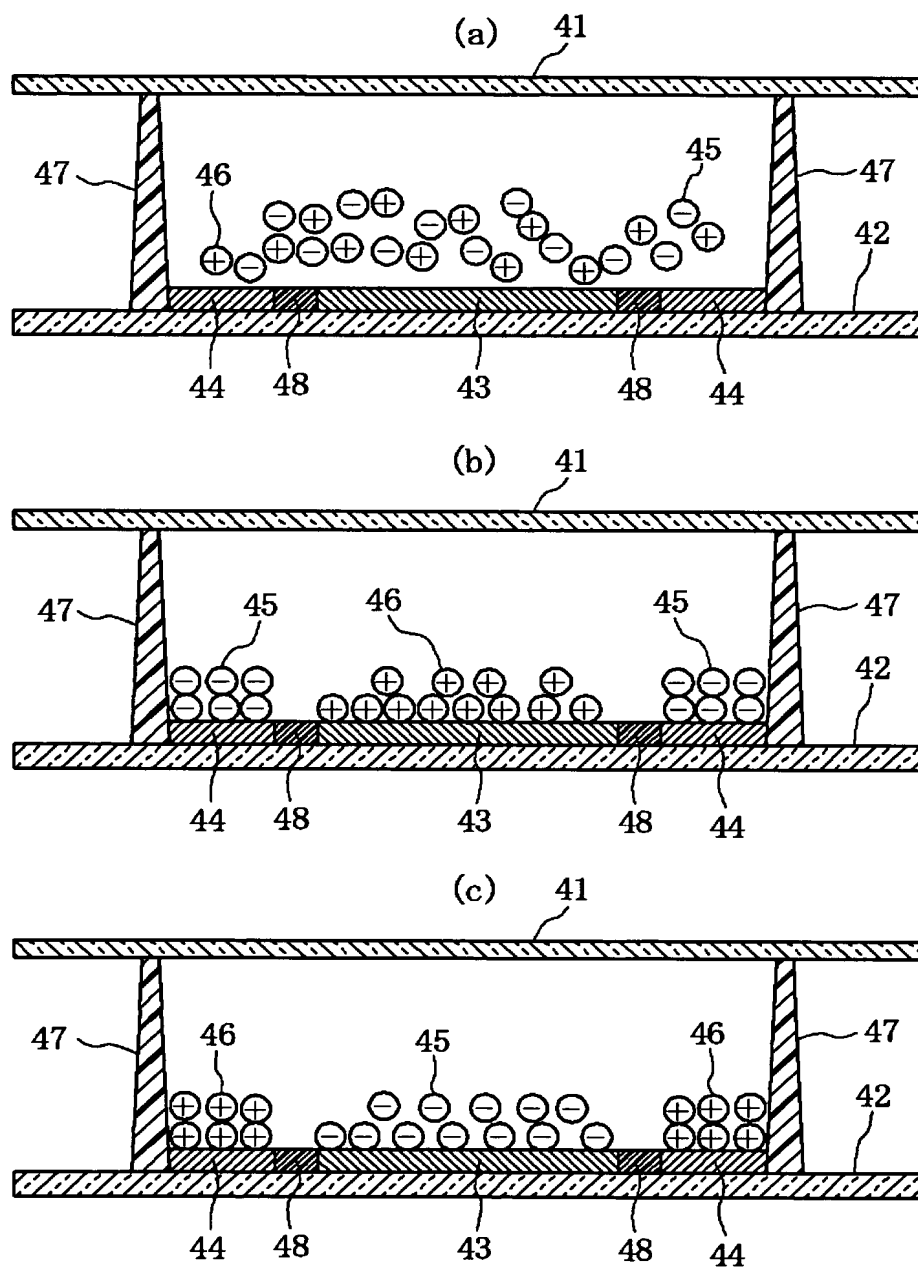
[図8]

FIG. 8





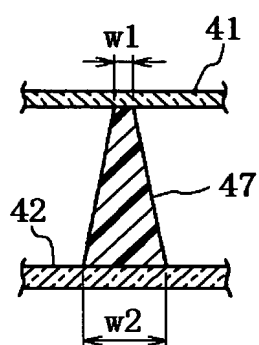
[図9]

*FIG. 9*

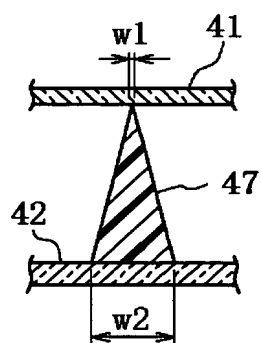
[図10]

*FIG. 10*

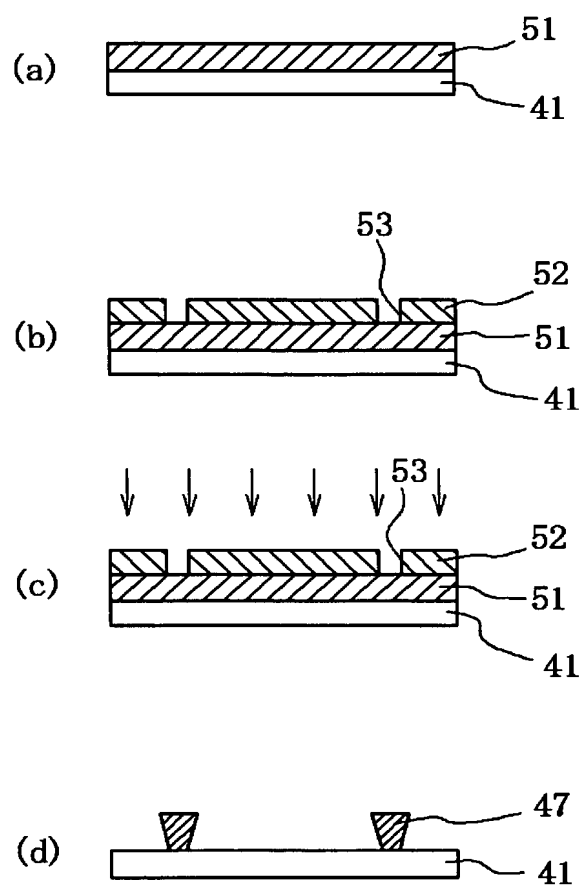
(a)



(b)

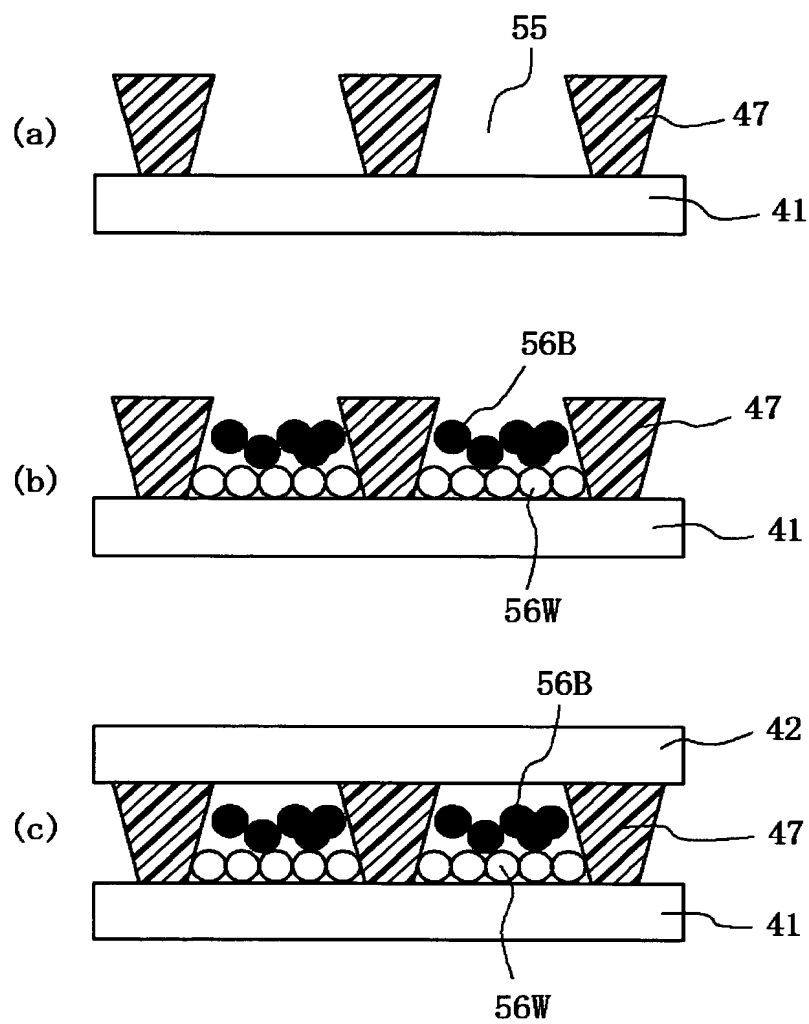


[図11]

*FIG. 11*

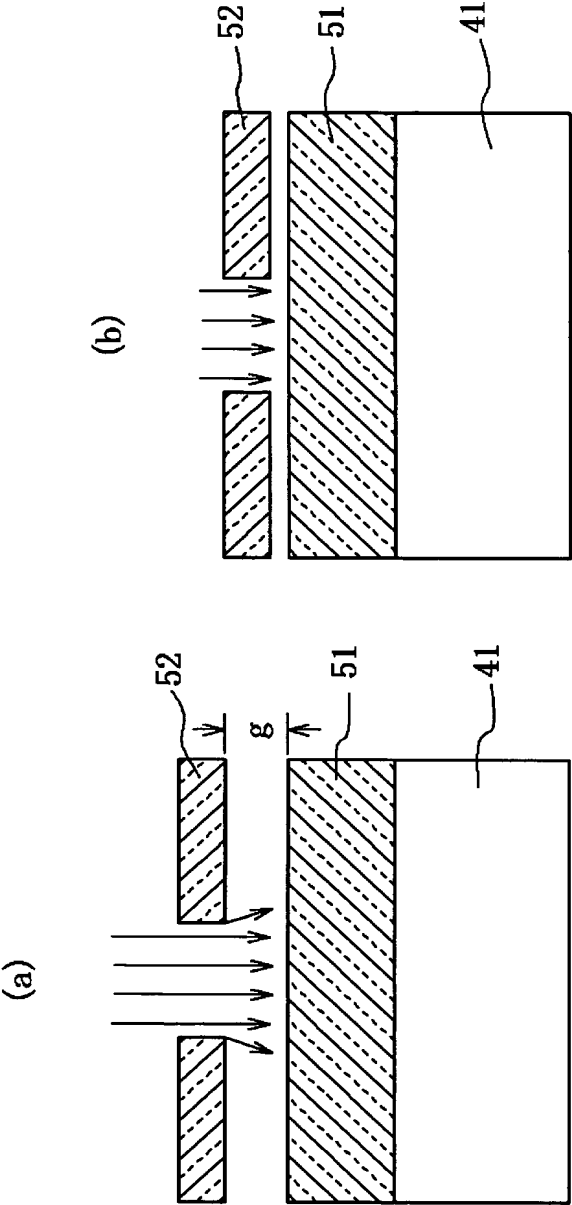
[図12]

12/19

*FIG. 12*

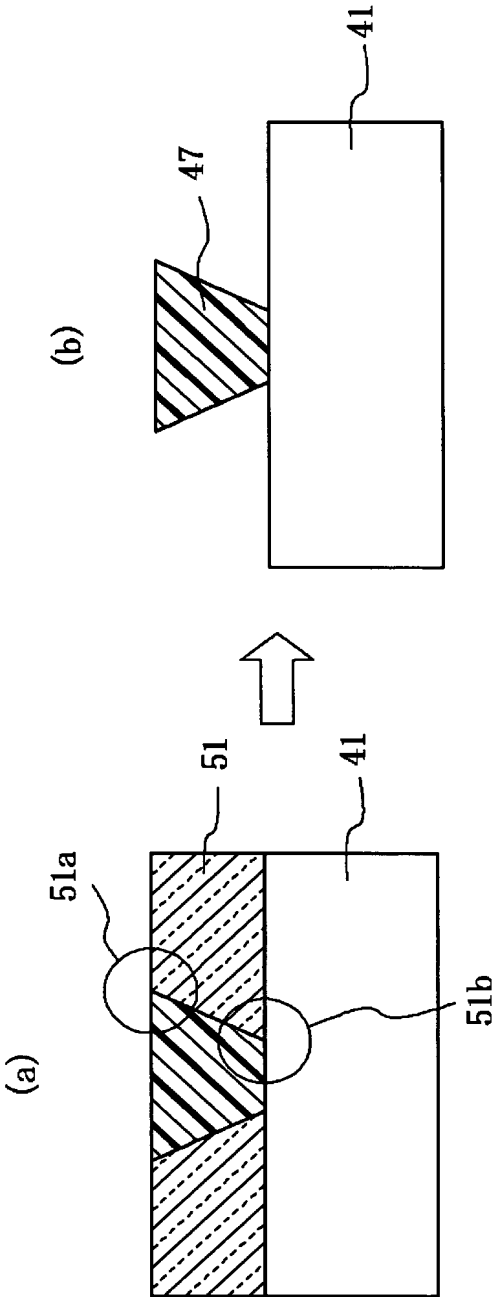
[図13]

FIG. 13

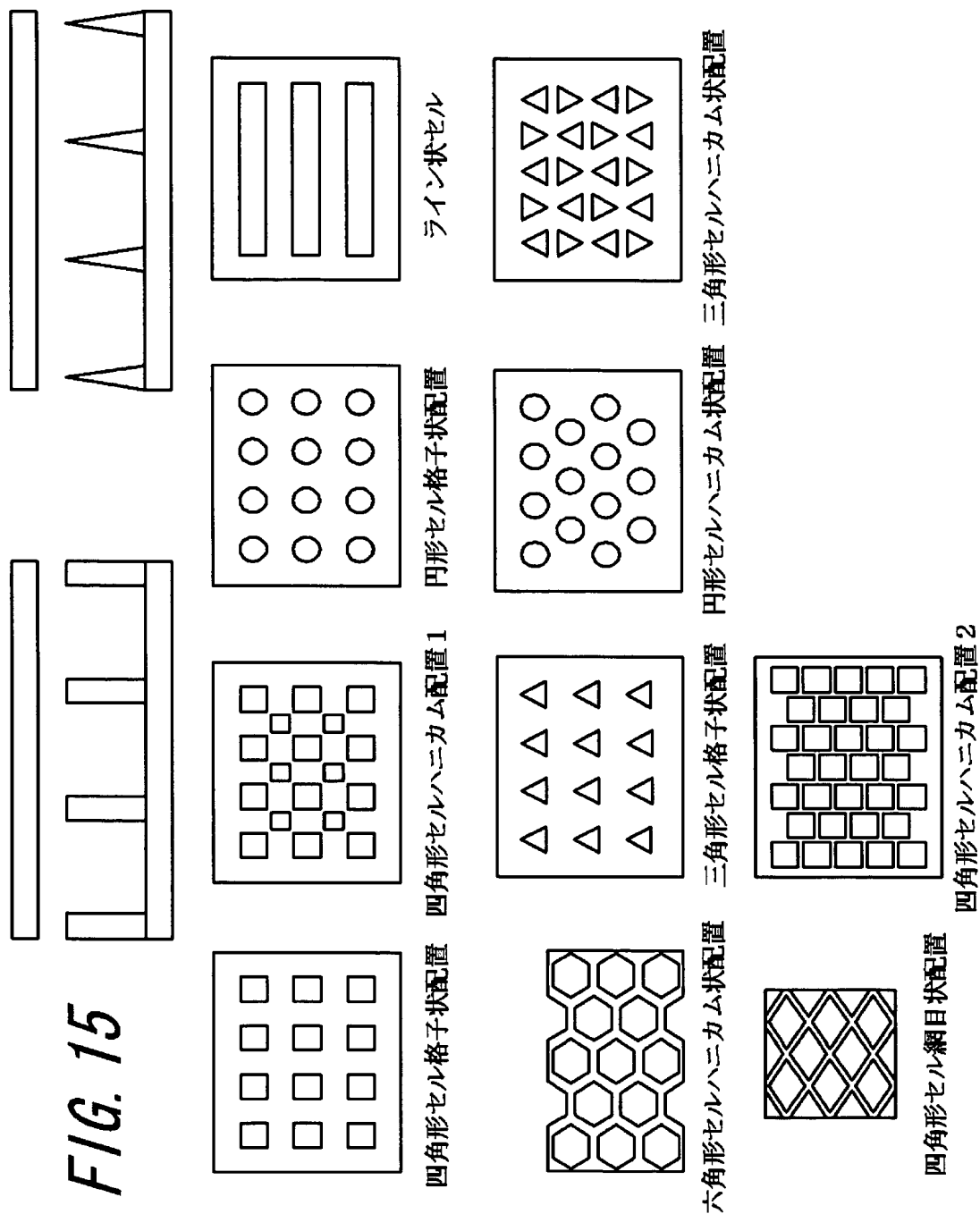


[図14]

FIG. 14

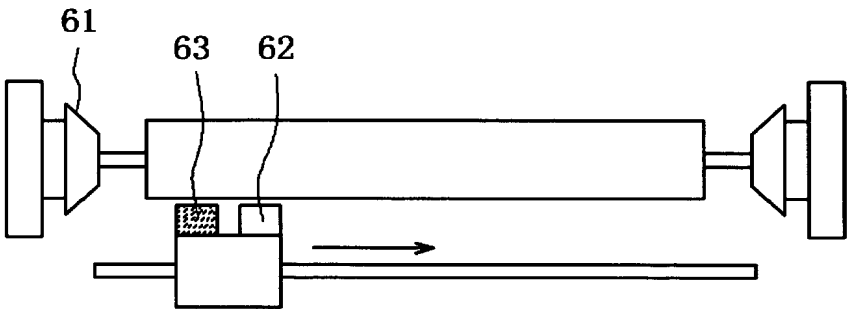


[図15]



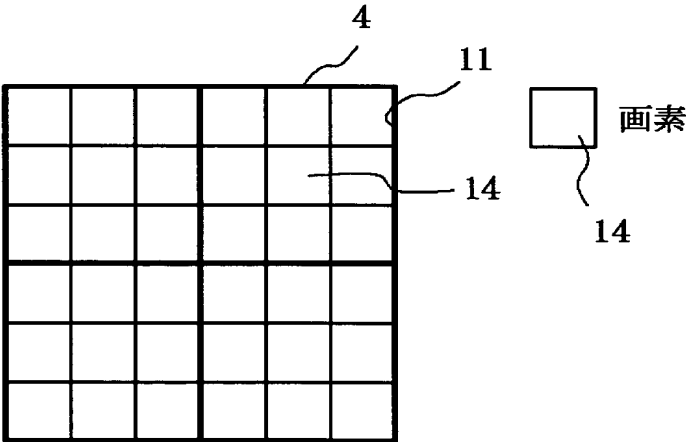
[図16]

FIG. 16



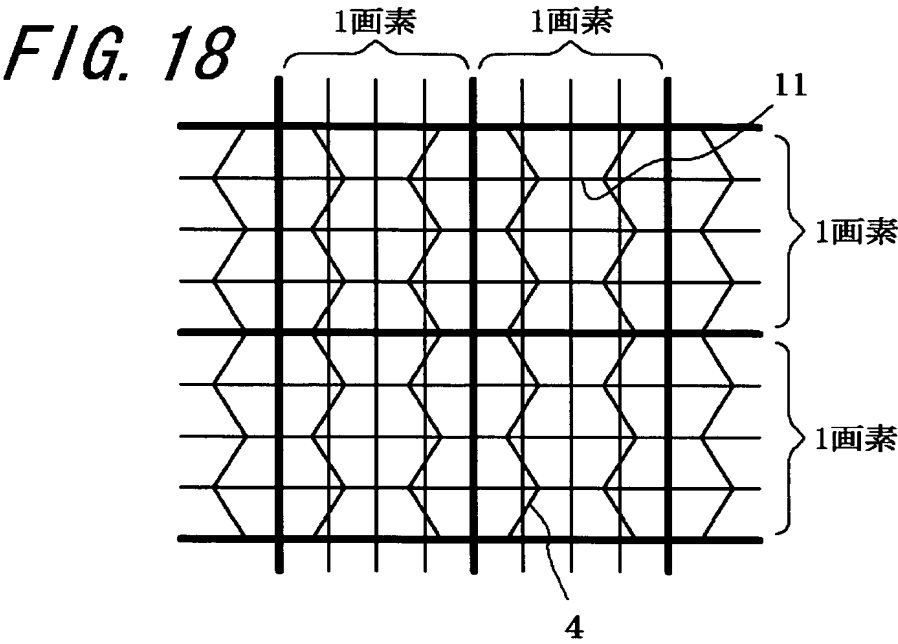
[図17]

FIG. 17

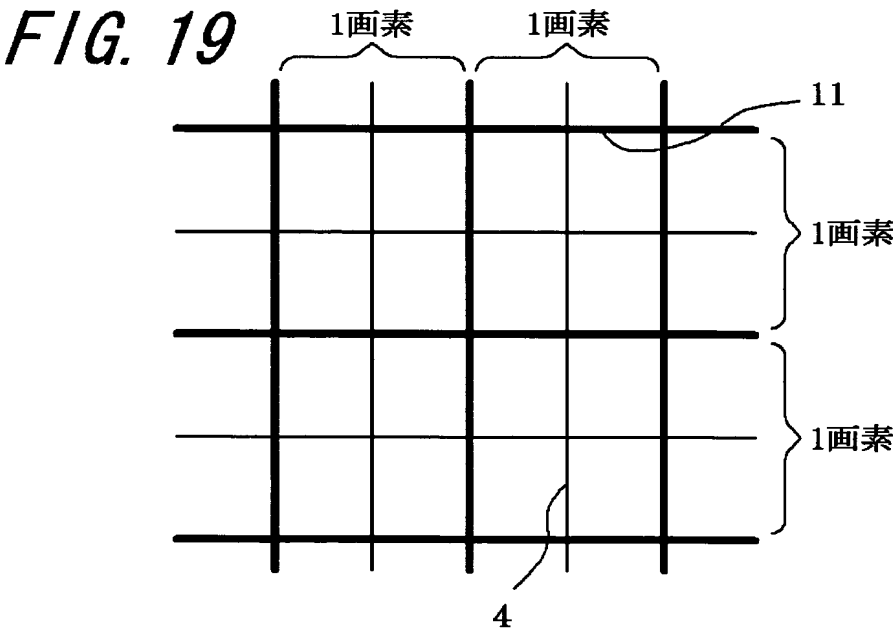




[図18]

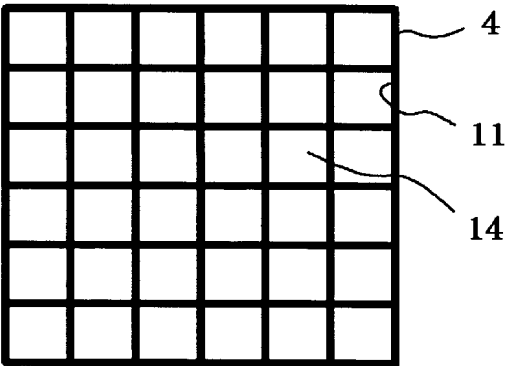


[図19]



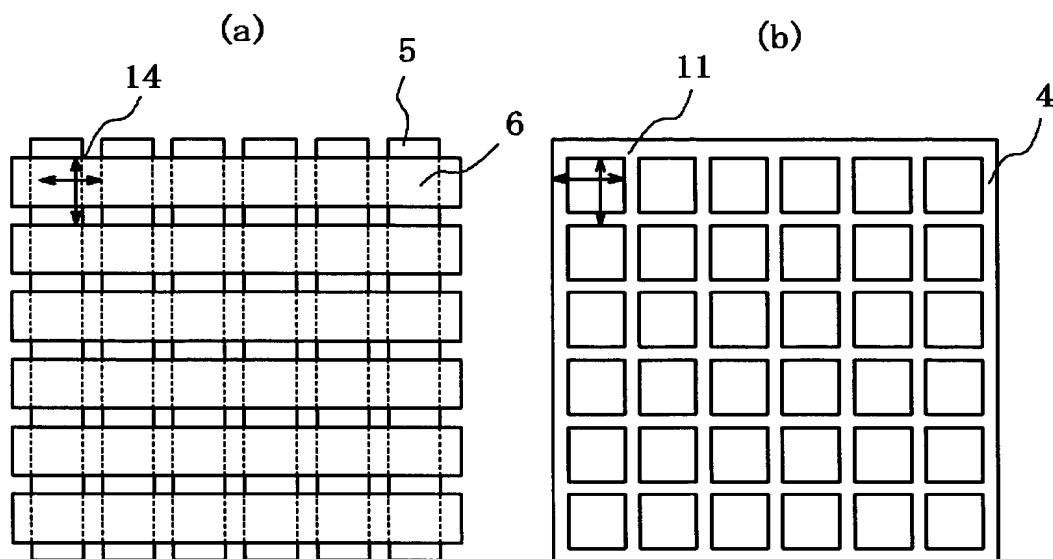
[図20]

FIG. 20



[図21]

FIG. 21



[図22]

FIG. 22

